

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

МАССОВАЯ ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

К. А. Алликвее

Об экспозиции в фотографии



Массовая фотографическая библиотека

К. А. Алликвез

Об экспозиции в фотографии

Перевод с японского Д. М. Егорова

Москва, «Искусство», 1981

K. Allikvee

SÄRITUSEST FOTOGRAAFIAS

32304-128
А 025(01)-81 151-81
49/2000000

© Перевод на русск. яз.,
издательство «Искусство», 1981 г.

Введение

Для получения хорошей фотографии необходимо, чтобы негатив был правильно экспонирован. Определить на глаз экспозиционные параметры — величины относительного отверстия и выдержки — очень трудно и зачастую невозможно. Не дают удовлетворительных результатов и экспонометры, действующие по принципу оптического клина, а также таблицы, номограммы и калькуляторы. Помощником современного фотолюбителя является снабженный калькулятором люксметр, называемый *электрическим экспонометром*.

Хотя многие современные фотоаппараты снабжены встроенными экспонометрическими устройствами, которые иногда бывают автономными, а иногда соединенными с механизмом диафрагмы или затвора, уметь пользоваться экспонометром необходимо. К тому же в принципе работа с автоматизированным фотоаппаратом во многом аналогична операциям с отдельным экспонометром.

Экспонометры «Ленинград-4», «Ленинград-6», «Ленинград-10», «Свердловск-2» и «Свердловск-4» способны удовлетворить требования как любителей, так и профессионалов. Несмотря на то, что все экспонометры снабжены инструкциями, в отдельных случаях возникают трудности при их использовании. Не хватает краткой систематизированной методики по работе с экспонометром и интерпретации его показаний. Чтобы исключить непонимание, изложим основные фотометрические понятия.

Автор книги, Куунар Алликвее, — активный член Таллинского фотоклуба, которому присвоено высокое звание заслуженного народного коллектива ЭССР. Подготовленная К. Алликвее книга привлекла внимание читателей

прежде всего тем, что содержит богатый экспериментальный материал. Это итог многолетней работы автора, его собственных наблюдений и исследований самых разнообразных случаев определения экспозиции. Книга иллюстрирована большим количеством рисунков, схем, диаграмм и фотографий, что помогает хорошо и быстро усвоить материал.

Русское издание книги К. Алликеза по сравнению с первым изданием, выпущенным на японском языке, дополнено главой «Сенситометрия при помощи экспонометра».

В этой главе рассматриваются случаи, встречающиеся в практической работе, когда светочувствительность, указанная на упаковке фотопленки, существенно отличается от фактической.

Предлагаемая автором методика позволит фотолюбителю, имеющему фотоэкспонетр, вносить соответствующие поправки при определении экспозиции.

§ 1. Общие понятия и единицы измерения светотехнических величин

Основной единицей при фотометрических измерениях служит единица силы света — кандела. *Кандела* (кд) представляет силу света, испускаемого с площади $1/6000000$ м² сечения полугого (абсолютно черного) излучателя в перпендикулярном этому сечению направлении при температуре затвердевания платины и давлении 101325 Па. Раньше в качестве единицы силы света использовалась международная свеча, которая составляет 1,005 кд.

Стерadian (ср) — это телесный угол с вершиной в центре сферы, вырезающий на поверхности сферы площадь, равную квадрату радиуса данной сферы. Учитывая, что площадь поверхности сферы составляет $4\pi R^2$, где R — радиус, то полный телесный угол равен $4\pi = 12,57$ ср.

Энергию, испускаемую источником света за единицу времени, называют световым потоком Φ . Единицей измерения светового потока является люмен (лм) — это световой поток, испускаемый точечным источником силой света 1 кд в телесном угле 1 ср.

Световой поток, падающий на единицу поверхности, называется освещенностью E и равняется отношению светового потока Φ , падающего на поверхность, к ее площади S :

$$E = \frac{\Phi}{S}.$$

Единицей измерения освещенности является люкс — освещенность поверхности в 1 м² при падающем на нее световом потоке в 1 лм.

В случае точечного источника света освещенность перпендикулярных к лучам света поверхностей обратно про-

порциональна квадрату их расстояния до источника:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{l_2^2}{l_1^2},$$

где E_1 и E_2 — освещенности двух поверхностей, находящихся на расстояниях l_1 и l_2 от источника света. Эту зависимость надо учитывать при пользовании искусственными источниками света.

Отношение отраженной от поверхности части светового потока Φ_r к величине всего падающего на нее светового потока Φ называется *коэффициентом отражения* ρ :

$$\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi} \leq 1.$$

Яркость B свойственна всем излучающим и отражающим поверхностям и в случае идеально рассеивающей (диффузионной) отражающей поверхности с коэффициентом отражения ρ и освещенностью E выражается как

$$B = \rho E \text{ п.}$$

Единицей измерения яркости является кд/м^2 — яркость светящейся поверхности площадью 1 м^2 при силе света в 1 кд ($1 \text{ кд/м}^2 = 1 \text{ лм/ср.м}^2$).

Чем больше падающий световой поток, тем ярче и рассматриваемый объект. Так, при небольшой освещенности, например ночью, объекты становятся неразличимыми.

Рассматривая объект, зритель не способен оценить абсолютную величину его яркости. Он может только определять, что та или иная деталь ярче или темнее соседних. Сравнивать яркости человеческий глаз может довольно хорошо. Эту его способность используют в визуальной фотометрии, например в люксметрах, денситометрах (приборах для определения оптической плотности) и т. д.

В фотографии яркость отдельных поверхностей объекта называют их *тональностью*. Различие тональностей отдельных деталей объекта помогает отличать их друг от друга. Отношение яркостей двух различных частей объекта $B_1^{\text{об}}$ и $B_2^{\text{об}}$ называется *ступенью яркости* Δ . Обычно относят большую яркость к меньшей:

$$\Delta = \frac{B_1^{\text{об}}}{B_2^{\text{об}}}.$$

Чаще ступень яркости преподносится в логарифмическом виде:

$$\Delta = \lg B_1^{\text{об}} - \lg B_2^{\text{об}}.$$

Каждый объект — это комплекс бесчисленных тональностей и ступеней яркостей, которые при одинаковом освещении объекта бывают различными, так как различны отражательные способности поверхностей объекта. Некоторые детали вследствие этого хорошо различимы, другие же из-за небольших разностей яркости различимы.

Наименьшее различимое отличие яркостей расположенных рядом поверхностей называется *порогом различаемости яркостей* $\Delta_{\text{пр}}$.

На светлых участках объекта съемки видно больше всего деталей. Чтобы человеческий глаз мог их различить, необходимо отличие их яркостей не менее 5%. Значит, должно быть выполнено условие

$$\Delta_{\text{пр}}^{\text{светл}} = \frac{B_1^{\text{об}}}{B_2^{\text{об}}} \geq 1,05.$$

При средних яркостях отличие деталей должно составлять 10% ($\Delta_{\text{пр}}^{\text{ср}} \geq 1,1$), а при слабом освещении (в тени) — 25% ($\Delta_{\text{пр}}^{\text{слаб}} > 1,25$) [24]*.

Таким образом, трудноразличимые детали на фотографическом изображении должны быть хорошо освещены. В полутени детали плохо прорабатываются, а в тени их вообще не видно.

Каждому объекту свойственна своя шкала яркостей, начиная от самых малых значений в тени $B_{\text{мин}}^{\text{об}}$ до наибольших в сильно освещенных местах $B_{\text{макс}}^{\text{об}}$. Отношение максимальной и минимальной яркостей называется *интервалом яркости объекта* L_c :

$$L_c = \frac{B_{\text{макс}}^{\text{об}}}{B_{\text{мин}}^{\text{об}}}.$$

Чаще же интервал яркостей выражается в виде логарифмов:

$$L_c = \lg B_{\text{макс}}^{\text{об}} - \lg B_{\text{мин}}^{\text{об}}.$$

Интервал яркостей зависит от освещения, его равномерности и отражательных свойств поверхностей. На-

* Здесь и далее в квадратных скобках даны ссылки на литературу, список которой приведен в конце книги.

пример, интервал яркостей пейзажа, освещенного равномерным светом, будет значительно меньше, чем в том случае, если на нем имеются освещенные и темновые участки, вызванные кучными облаками. При съемке интерьера, освещенного очень неравномерно, интервал яркостей может быть очень большим — от 500 : 1 до 100 000 : 1 (n логарифмических единицах от 2,7 до 5,0; табл. 1).

Интервалы яркостей даны в табл. 1*. Эти данные следует учитывать при выборе негативного материала. Чем меньше контраст объекта (меньше интервал яркостей), тем контрастнее должна быть пленка, и наоборот.

Представленные в табл. 2 интервалы яркостей замеры при помощи измерительных приборов и могут не соответствовать психофизиологическому восприятию. Зритель оценивает контраст с учетом того, как расположены отдельные поверхности, с учетом их числа и того, насколько далеко отстоит друг от друга поверхности с минимальной и максимальной яркостью. Чем больше интервал яркостей объекта и чем меньше отдельных тоналностей, тем контрастнее кажется объект.

Например, лист белой бумаги с печатным текстом кажется нам очень контрастным, хотя действительный интервал яркостей на нем невелик. Наоборот, пейзаж с большим интервалом яркостей видится нам значительно менее контрастным, так как максимальная и минимальная яркости разделяются огромным числом поверхностей с промежуточной тональностью. Поэтому действительный интервал яркостей невозможно определить на глаз и приходится прибегать к табл. 2 или измерениям.

Отраженный от объекта световой поток проходит через объектив фотоаппарата и образует в эмulsionном слое негативного материала латентное (скрытое) изображение. Световой поток должен обладать известной интенсивностью и воздействовать на светочувствительный слой в течение некоторого времени. *Освещенность отдельных участков негатива пропорциональна яркости соответствующей поверхности объекта*, что выражается следующей зависимостью:

$$E_1 = kE_1^{об}, \quad E_2 = kE_2^{об}, \quad E_3 = kE_3^{об} \text{ и т. д.},$$

где коэффициент k зависит от значения диафрагмы и отражающих свойств объекта.

* Все таблицы помещены в конце книги.

Воздействие света на негативный материал называется *экспонированием*. Система знаний об определении необходимых фотографических параметров для экспонирования называется *экспониметрией*.

Скрытое изображение становится видимым после проявления фотопленки.

Зная, что единицей освещенности является люкс (лк), а единицей времени секунда (с) находим величину действующей на единицу площади негативного материала световой энергии, иначе — *экспозиции*:

$$H = Et \text{ (лк} \cdot \text{с)}.$$

Последняя зависит от величины попавшего на пленку светового потока. Он ограничивается диафрагмой объектива и прозрачностью стекла. В международной практике приняты следующие ряд величин относительного отверстия: 1/1,4; 1/2; 1/2,8; 1/3; 1/5,6; 1/8; 1/11; 1/16; 1/22... На шкалу объектива обыкновенно наносятся только значатели (n), которые мы будем называть *показателями диафрагмы*.

$$\frac{1}{n} = \frac{\text{Диаметр отверстия диафрагмы объектива, } d}{\text{Фокусное расстояние, } f}.$$

Каждой ступени (положению) показателя диафрагмы соответствует изменение экспозиции в два раза, причем большему значению n диафрагмы соответствует меньшее отверстие.

В общем случае экспозиция заменится в 2^m раз, если относительное отверстие изменить на m ступеней (значений).

Пример. Пусть в первом случае относительное отверстие 1/4 изменили до 1/8, при этом вначале с 1/4 до 1/5,6, затем с 1/5,6 до 1/8 — через две ступени. Значит, экспозиция изменилась в $2^2=4$ раза.

Продолжительность воздействия света — продолжительность экспозиции — дозирует затвор. Соответственно ГОСТ 3268—57 она образует следующий ряд: 32, 26, 8, 4, 2, 1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64, 1/128, 1/256, 1/512, 1/1024... с. Но в современных фотоаппаратах используется округленный ряд: 1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/15, 1/30, 1/60, 1/125, 1/250, 1/500, 1/1000 с, причем на шкалу наносится только знаменатель дроби (не 1/250, а 250 и т. д.).

Как видно из приведенного ряда, каждая соседняя ступень увеличивает или уменьшает экспозицию в два раза.

Правильная экспозиция очень важна для получения качественного изображения на пленке. Малую или излишне большую экспозицию следует рассматривать как нарушение режима фотографического процесса.

Выразительность снимка достигается выбором его содержания и соответствующей ему формой, композицией, освещением и т. п. Экспозиция — чисто техническое средство. Она требует искусных действий с экспонометром, чтобы получить качественный, пригодный для копирования негатив.

Если не считать различных фотографических специальных техник, экспозиции и химическая обработка должны обеспечивать негативу:

- мелкозернистую структуру в эмульсионном слое;
- достаточную различимость деталей в освещенных частях;
- наличие деталей в тени;
- максимальную резкость и проработку сюжетно наиболее важной части;

- равномерную оптическую плотность кадров.

Как показывает опыт, *передержка* вызывает:

- увеличение зернистости;
- исчезновение деталей в сильно освещенных участках;
- увеличение выдержки при позитивном процессе;
- нарушение цветового баланса при цветной фотографии.

Недодержка вызывает:

- уменьшение числа тонов;
- исчезновение деталей в тенях;
- уменьшение контрастности негативного изображения;
- прозрачный негатив, который трудно копировать;
- нарушение цветового баланса при цветной фотографии.

Отдельные участки изображения после проявления могут иметь различные оптические плотности, это зависит от яркости участков объекта. Хотя время экспозиции (выдержки) для всего кадра одинаково, различные места на негативе получают разную экспозицию.

Определять выдержку и диафрагму не так просто, как кажется на первый взгляд. Чтобы в этом разобраться, рассмотрим *характеристическую кривую* негативного материала, которая представляет собой зависимость оптической плотности от величины экспозиции. Для получения более наглядной формы кривой на ось ординат наносят десятичный логарифм непрозрачности (оптическая плотность), а на ось абсцисс не экспозицию в лк·с, а ее десятичный логарифм (рис. 1).

Ордината точки *A* соответствует оптической плотности неосвещенного негативного материала после проявления, иначе — величине нулевой D_0 . Начиная с точки *B* кривая приобретает вид прямой. На участке негатива, соответствующем началу прямой *B*, деталей еще мало, так как она

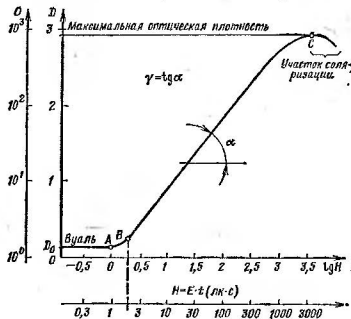


Рис. 1. Характеристическая кривая негативного материала, показывающая зависимость оптической плотности от экспозиции

соответствует глубокой тени. Точка *C* соответствует максимальной оптической плотности негативного изображения. При большей экспозиции оптическая плотность не увеличивается, а даже несколько снижается. Это явление называется *солариизацией*, а участок характеристической кривой справа от точки *C* — область солариизации.

Тангенс угла наклона α среднего прямолинейного участка характеристической кривой называется *контрастностью* γ . Этот параметр зависит как от свойств фотографического материала, так и от режима проявления. Отсвечивающие негативные материалы типа ФОТО рекомендуются обрабатывать так, чтобы γ не превышала 0,8.

В зависимости от свойств пленки характеристические кривые могут быть расположены на графике ниже или

выше, то есть одной и той же величине экспозиции могут соответствовать разные оптические плотности. Такое свойство конкретного светочувствительного материала называется *светоустойчивостью S*.

$$S = \frac{10}{H_{D=0,85+D_0}},$$

где S — светочувствительность в единицах ГОСТ; $H_{D=0,85+D_0}$ — экспозиция (лк·с), соответствующая оптической плотности, на 0,85 превышающей плотность вуали.

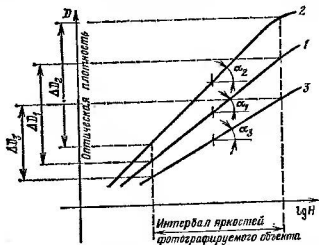


Рис. 2. Характеристические кривые, позволяющие измерить интервалы оптической плотности (ΔD) при изменении экспозиции проявления: 1 — нормально обработанный негатив; 2 — энергично обработанный негатив; 3 — слабо обработанный негатив

Оптическая плотность $D=0,85+D_0$ находится примерно в средней части прямолинейного участка характеристической кривой.

Представленная на рис. 2 кривая соответствует свойствам некоторой реальной пленки при определенном режиме обработки. Любые изменения режима (увеличение или уменьшение времени проявления, изменения концентрации проявителя или температуры и т. д.) вызывают изменения в форме характеристической кривой и в ее положении относительно осей координат. Так, при более активном проявлении увеличивается наклон и вся кривая

сдвигается вверх (кривая 2), и наоборот — при более слабом проявлении (уменьшение температуры, времени проявления, концентрации проявителя и т. п.) уменьшается угол наклона и кривая сдвигается вниз (кривая 3).

Из рис. 2 видно, что если $\alpha_2 > \alpha_1 > \alpha_3$, то $\gamma_2 > \gamma_1 > \gamma_3$, и отсюда $\Delta D_2 > \Delta D_1 > \Delta D_3$.

Знание этого помогает при сознательном определении экспозиции. За счет изменения режима обработки можно компенсировать изменение экспозиции и воздействовать на контрастность. Например, при съемке очень контрастного объекта увеличивают экспозицию и проявляют слабее (скажем, уменьшают время проявления). Таким образом, получают нормальную плотность в сильно освещенных местах, причем детали не теряются, а приобретают такую достаточную плотность в тени.

При съемке объектов с малой контрастностью уменьшают экспозицию и пленку проявляют соответственно энергичнее. В этом случае получают негативное изображение с нормальной контрастностью.

Для фендоновых проявителей между изменением экспозиции и времени проявления существуют следующие зависимости:

- 1) если экспозицию увеличивают в два раза, то время проявления следует уменьшить в $\sqrt{2} \approx 1,4$ раза;
- 2) если экспозицию уменьшают в два раза, то время проявления надо увеличить в $\sqrt{2} \approx 1,4$ раза.

На рис. 4 представлены графики зависимости оптической плотности вуали D_0 , коэффициента контрастности γ в чувствительности S от времени проявления.

Конечно, подобные изменения возможны только в определенных пределах, но это уже относится не к экспонометрии, а к другим областям сенситометрии. Приведенные выше примеры указывают на необходимость иметь представление о характеристических кривых и учитывать эти знания при сознательном определении экспозиции.

Правильно определить экспозицию — значит добиться, чтобы шкала оптических плотностей негативного изображения попала в самое подходящее место характеристической кривой (как это показано на рис. 3), причем в случае такого интервала яркостей объекта не обязательно его помещать в средней части кривой. Интервал экспозиции может находиться в верхней или нижней части кривой, но все же на прямолинейном участке, чтобы яр-

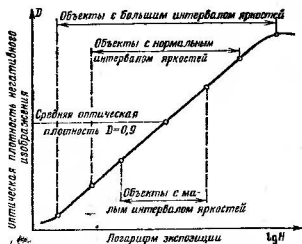


Рис. 3. Проверка расхождения оптических плотностей изображения с различными интервалами яркостей на характеристической кривой негативного материала

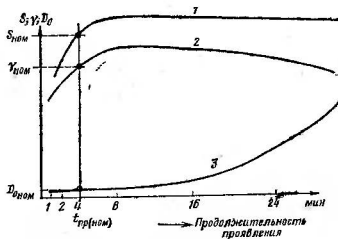


Рис. 4. Зависимость оптической плотности узла D_0 , коэффициента контрастности γ и светочувствительности S от времени проявления. Для данного типа пленки номинальное время проявления — 4 мин, все полученные при этом значения параметров указаны нижеследующим: 1 — светочувствительность S_0 ; 2 — коэффициент контрастности γ ; 3 — оптическая плотность узла D_0 .

ностям частей объекта были пропорциональны соответствующие плотности участков негатива. Так можно получить светлый, средний или темный негативы, которые при соответственно короткой, средней или длинной выдержке во время позитивного процесса дадут фотокопии с одинаковой передачей тональностей.

Поэтому при съемке объектов с небольшим интервалом яркостей может быть несколько «правильных» выдержек и выбор зависит от привычек и вкуса фотографа.

В фототехнике чаще исходят из *среднего значения экспозиции*, образуемого при стандартных условиях проявления оптическую плотность сюжетно самой важной части негативного изображения равную $D=0,9$.

Не учитывая изменений, связанных с химической обработкой, можно сказать, что действующая на светочувствительный слой экспозиция, если она соответствует условиям, представленным на рис. 3, зависит от: освещенности и отражательной способности объекта (яркости);

величины относительного отверстия (ее характеризует показатель диафрагмы);

выдержки (то есть промежутка времени, в течение которого затвор открыт и свет воздействует на негативный материал);

светопроводности помещенного перед объективом фальтра (см. табл. 16);

расстояния до объекта (при съемке находящихся вблизи объектов уменьшается действительное относительное отверстие — см. определение экспозиции при макросъемке);

светочувствительности используемого негативного материала (чем больше чувствительность, тем меньше экспозиция — см. рис. 5).

В СССР для определения свойств негативных материалов пользуются стандартным проявителем № 2 при температуре $+20^\circ\text{C}$.

Принято считать, что средней плотностью негатива должна быть оптическая плотность среднесерого тона ($D=0,9$). Для измерения оптических плотностей существуют специальные приборы — денситометры. Однако эти приборы очень дороги и предназначены для применения на производстве. Поэтому мы предлагаем фотолюбителям способ приближенного определения оптической плотности негатива.

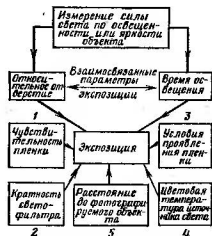


Рис. 5. Факторы, влияющие на величину экспозиции

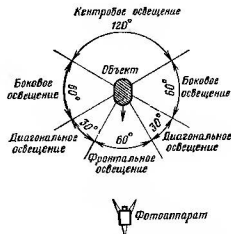


Рис. 6. Зависимость освещения объекта съемки от направления света

Для контроля качества негатива следует прижать пленку к листу газеты в черед негатив наблюдать текст при свете настольной лампы. В табл. 4 величины коэффициентов отражения поверхностей объекта и соответствующих оптических плотностей участков негатива даны приближенно. Если негатив соответствует приведенным в таблице данным, то он хорошо копируется.

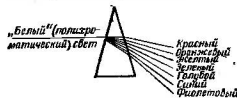


Рис. 7. Разделение полихроматического «белого» света на составляющие компоненты при помощи трехгранной призмы

Прежде чем рассматривать вопрос о зависимости экспозиции от характера освещения объекта, познаться с различными видами направленного света.

Виды направленного освещения представлены на рис. 6. Основным источником света в природе является солнце, при других видах съемки — это прожектор или иной осветительный прибор. При съемке в ателье пользуются несколькими направленными источниками (некоторые могут быть снабжены рассеивателями).

В обычную погоду наземные объекты освещаются отраженным от капель тумана рассеянным освещением. В этом свете преобладает синяя часть спектра, так как синие лучи лучше отражаются от воды, чем остальные.

Чтобы уметь использовать полученные при измерении светового потока результаты, необходимо знать спектральную чувствительность негативного материала, человеческого глаза и светочувствительных элементов.

Из физики известно, что видимый глазом белый дневной свет является полихроматическим, то есть состоит из множества цветных монохроматических лучей. Грубо его можно разделить на семь частей, как это показано на рис. 7.

Свет, как известно, обладает волновой природой, и каждая его монохроматическая составляющая обладает определенной частотой и длиной волны. Человеческий глаз способен реагировать на свет с длиной волны от

400 до 700 нм. Чувствительность глаза к лучам спектра и зависимость от длины волны изображена на рис. 8. Человеческий глаз чувствительнее всего к лучам с длиной волны 550 нм, желтовато-зеленого цвета. Слабее всего он реагирует на лучи около 400 нм и 700 нм, поэтому фиолетовый и красный свет кажется нам темным. Зависимость чувствительности глаза, прибора или свето-

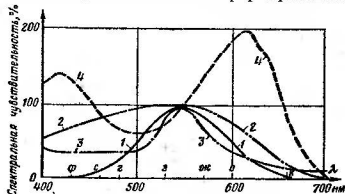


Рис. 8. Спектральная чувствительность человеческого глаза (1), селенового фотозоэлемента (2), кадмизин-сульфидного фоторезистора (3) и изопанхроматического негативного материала (4)

чувствительного материала от длины волны света называется *спектральной чувствительностью*.

На рис. 8 представлены также спектральные чувствительности датчиков экспонометров (селеновый фотозоэлемент и сернисто-кадмиевый резистор CdS) и изопанхроматического негативного материала.

§ 2. Методы определения экспозиции

В предыдущей главе рассмотрены факторы, влияющие на величину экспозиции. При ее определении измеряется световой поток, идущий от объекта в камеру, с учетом чувствительности, относительного отверстия и выдержки. Остальные обстоятельства учитываются при введении поправок к экспозиции.

Из названных трех факторов задаются два, и затем определяется третий.

Перед съемкой фотолюбитель заряжает аппарат пленкой. Таким образом, оказывается заданным один из

факторов — светочувствительность. Вторым фактором можно vadаться — относительным отверстием или выдержкой.

На калькуляторе экспонометра после измерения находят ряд экспозиционных пар (диафрагмы и выдержки), дающих одну и ту же экспозицию, и по одному заданному ранее параметру находят другой.

Рассмотрим, из каких соображений надо исходить, выбирая экспозиционные параметры.

1. Чем меньше чувствительность фотопленки, тем меньше ее зернистость, больше разрешающая способность (см. фактор N в табл. 6) и меньше вуаль. Изображение на такой пленке рисуется более резко, мелкие детали различаются лучше. Но при плохом освещении, например осенью в густом лесу, рано утром или поздно вечером, низкочувствительная пленка требует значительной выдержки.

При съемке без штатива с большой выдержкой фотоаппарат может сдвинуться и смазать изображение.

Как правило, любители предпочитают пленку чувствительностью в 65 ед. ГОСТ. Однако при ярком солнце лучше использовать пленку светочувствительностью 32 ед. ГОСТ, а осенью и при съемке в плохих условиях пленку 130 и даже 250 ед. ГОСТ.

При этом нужно помнить, что разрешающая способность высокочувствительных пленок (250 ед. ГОСТ) значительно меньше низкочувствительных (32 ед. ГОСТ). К тому же большая вуаль высокочувствительных пленок уменьшает их фотографическую широту.

В табл. 3 [1] для ориентирования в различных системах измерения светочувствительности и в табл. 6 [1] даны некоторые технические данные негативных материалов (чувствительность, разрешающая способность и т. п.).

Чтобы избежать ошибок из-за несоответствия светочувствительности, указанной на упаковке, действительной чувствительности пленки, а также из-за ошибок измерения собственного экспонометра, следует покупать пленку большими партиями одного и того же номера ампулы. Путем пробной съемки известного объекта с различными выдержками или значениями диафрагмы надо постараться «связать» светочувствительность пленки с показаниями собственного экспонометра. По кадру с оптимальной плотностью (см. табл. 4) определить эф-

фактивное значение светочувствительности пленки для данного экспонометра и использовать его при определении экспозиции.

2. Чем меньше относительное отверстие (больше значение диафрагмы), тем больше глубина резкости изображения [7]. Все же для 35-мм пленки оптимальными в этом смысле будут значения диафрагмы 5,6 и 8, так как при меньших диаметрах отверстий явления дифракции снижают резкость.

Большее относительное отверстие (меньшее значение диафрагмы) используется при плохих условиях освещения или когда за счет малой глубины резкости стараются избавиться от мешающих деталей на фоне. При съемке против света в этом случае получается большой ореол.

3. Выдержку выбирают с расчетом получения резкого (без сдвигов) изображения. Так, при съемке без штатива дальномерными аппаратами «Киев», «Зоркий», ФЭД, «Смена» и т. п. самой длинной выдержкой можно считать выдержку $1/30$ с.

Зеркальными аппаратами «Зенит-В», «Зенит-Е» и т. п. без штатива можно снимать с выдержкой не больше $1/60$ с, так как движение зеркала может дополнительно смазать изображение. При съемке телеобъективом знаменатель выдержки численно не должен быть больше фокусного расстояния объектива. Так, при фотографировании «Юпитером-11» с фокусным расстоянием 135 мм экспозиция должна быть не больше $1/125$ с. Нарушение этого правила, выработанные фотографии в течение долгой практики, ведет к пережесткости негативов. Короткие выдержки ($1/500$ с, $1/1000$ с и т. д.) не оказывают мешающего воздействия, за исключением случаев с неисправным вторым затвором, если скорости затвор не одинаковы. В таком случае одна из частей кадра оказывается значительно светлее другой.

При фотографировании быстро движущихся объектов неизбежно приходится пользоваться короткими экспозициями.

Исходя из сказанного выше и производится выбор экспозиционных параметров конкретного кадра.

В зависимости от того, измеряется ли отраженный свет (определение по яркости) или падающий на объект световой поток (определение по освещенности), стрелка экспонометра дает определенное отклонение (исключение составляют экспонометры «Свердловск-2» и «Свердловск-4»).

Показания экспонометра устанавливают на калькуляторе и соответственно этому показанию находят экспозиционные параметры. В экспонометрах различной конструкции названные операции осуществляются различным образом. Об этом будет сказано в следующей главе, но предварительно познакомимся (рис. 9) с классификацией методов измерения.

Измерение яркости объекта. Для этого со светодатчика (фотоприемника) экспонометра удаляют рассеивающую молочную насадку, направляют чувствительный

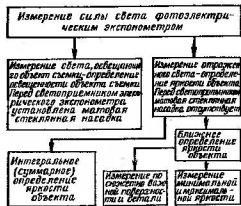


Рис. 9. Классификация методов определения экспозиции

элемент на измеряемую поверхность на расстоянии нескольких сантиметров и, следя, чтобы собственная тень не мешала измерению, регистрируют показания прибора. Этот метод называется измерением яркости участка (детали) объекта. Затем соответственно полученному результату измерения устанавливают калькулятор и находят возможные пары экспонометрических параметров (выдержка и диафрагма).

Почему нельзя направить экспонометр на фотографируемый объект прямо от фотоаппарата? Экспонометр имеет пироксильный угол охвата (см. табл. 15), и на него могут влиять поверхности с весьма различной освещенностью, яркость которых несопоставима с яркостью основного объекта съемки. Прибор измеряет в таком случае средний (интегральный) световой поток, попадающий

в измерительный элемент в пределах всего угла охвата, который к тому же может отличаться от соответствующего угла объектива.

Отличие яркости фона от основного объекта может вызвать погрешность измерения. Рассмотрим рис. 10. Черная и белая поверхности по размеру одинаковы и находятся в равных условиях освещения. H_1 — показание экспонометра при замере яркости черной поверхности, H_2 — белой поверхности. При интегральном замере получим

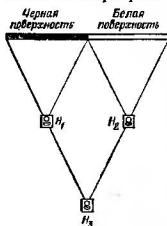


Рис. 10. Влияние фона при определении экспозиции путем интегрального измерения яркости

показание H_3 , которое будет средним между H_1 и H_2 и неправильным в отдельности для черной и белой поверхности. Если угол охвата экспонометра велик, как у экспонометров «Ленинград-8», «Свердловск-4», то производить измерение можно и издали, так, чтобы свет от других объектов фона в него не попадал.

При портретной или групповой съемке не всегда нужно, даже имея широкоугольный экспонометр, производить измерение вблизи объекта. При работе с телеобъективом это невозможно. В случае, если фотограф освещен примерно так же, как и объект, он может произвести измерение, например, тыльной стороны своей руки, расположив ее так же, как и лицо снимаемого, так как яркость кожи руки близка к яркости снимаемого объекта.

Этот прием называется замером по эквивалентной поверхности, а методика — *методом замещения*.

Итак, экспозицию по яркости объекта устанавливают с таким расчетом, чтобы на негативе наиболее важный участок имел среднюю оптическую плотность. При съемке в пасмурную погоду выбор этой поверхности не вызывает трудности, так как освещенность везде более или менее одинакова. В солнечную погоду на объектах образуются две зоны: свет и тень. Если доминирует освещенная часть, то замер надо производить по ней, направив на нее светочувствительный элемент.

При преобладании тени замерять следует по ней.

Конечно, в том случае, если поверхность эта сюжетно наиболее значима.

Если эти зоны одинаково важны, то следует замерять и в тени и на свету, а экспозицию определять по средней величине этих замеров. Освещенность объектов, находящихся в тени и на свету, может сильно отличаться (таблица 7) [1].

Разница освещенности объектов при природном освещении зависит от наличия облаков, частоты воздуха и высоты солнца над горизонтом. Например, съемка ведется при солнечном свете. Неожиданно в тени появляется интересный объект, но проводить замеры экспонометром некогда, можно упустить хороший кадр. В таком случае поможет табл. 7, из которой известно, что при низком солнце экспозиция в тени больше, чем на свету, примерно на 1,1—1,7 ступени (в 2,2—3,3 раза), а в середине дня больше на 2,1—2,5 ступени (в 4,3—5,4 раза). Соответственно этому увеличивают выдержку или относительное отверстие. При кучевых облаках различие составляет только 0,8—1,5 ступени (в 1,8—2,8 раза).

Измерение по освещенности объекта. На измерительный элемент экспонометра устанавливают молочную насадку и измеряют падающий на объект световой поток. При этом бывает трудно выбрать направление измерительного элемента.

В некоторых инструкциях рекомендуют направлять экспонометр от объекта к источнику света. Это применимо только в отдельных случаях. В ателье при портретной съемке так можно оценивать отдельные источники света (прожекторы).

Правильнее направлять экспонометр в сторону фотоаппарата, так как фотокамера «видит» объект в свете падающего с ее стороны светового потока. При этом надо учитывать угол отражения попадающего от источника на объект света.

Однако такой способ измерения применим не всегда. Рассмотрим два различных объекта, освещенность которых одинакова. Так, например, вспаханная темная земля с хорошо видимой фактурой и джушка в белом платье.

Яркость первого объекта в 20—30 раз меньше второго, так как коэффициенты их отражения не равны. Определив экспозицию названным способом, получим недоэкспозицию первого и передержку второго объектов, так как от

черной земли отражается только малая часть светового потока, а от светлого платья — около 50—70% (табл. 5). Значит, в результате измерения в обоих случаях надо вводить поправку.

Электрические экспонометры градуированы так, чтобы при измерении среднесерого тона, коэффициент отражения которого $\rho=0,2$, получить путем измерения яркости поверхности и падающего на нее светового потока равные результаты. На экспонированном таким образом негативном изображении оптическая плотность среднесерого тона будет равна $D=0,9$. В нашем примере для получения нормально экспонированного негатива надо:

- 1) при съемке вспаханной земли увеличить экспозицию в два-четыре раза (на одну-две ступени),
- 2) при съемке белого платья уменьшить ее в полтора-два раза (на 0,5—1 ступень).

Задача фотолюбителя — получить с наиболее важной детали объекта плотности, которые лежали бы в соответствующей тону его поверхности части характеристической кривой (см. рис. 3): для темного объекта — в нижней части прямолинейного участка кривой, а для светлого — в ее верхней части. Более подробно об этом сказано в § 10.

В нашем случае лучше измерить яркости поверхности и затем ввести поправки по способу, указанному в § 10. В литературе [28] даются советы, когда применять метод определения экспозиции по яркости объектов, а когда по освещенности. Привожу некоторые примеры с объяснением.

Так как яркость объекта, а отсюда и показание экспонометра зависят от освещенности и коэффициента отражения поверхности, *измерение отраженного света* предпочтительно в следующих случаях:

- а) при фотографировании крупным планом и отдельных деталей;
- б) при съемке портретов и групп;
- в) если, в зависимости от желательной яркости основного объекта, на позитиве произвольно заменяем оптическую плотность всего кадра.

При определении экспозиции *по падающему световому потоку* показание экспонометра зависит только от освещенности. Этот метод предпочтительнее:

- а) при съемках в ателье при искусственном свете;
- б) если углы зрения объектива и экспонометра различ-

ны и невозможно измерить яркости или применить метод амбаски;

в) при съемке на цветные негативные и обращаемые материалы.

Измерения одного и того же объекта по обоим методам не должны давать одинаковые результаты, и фотограф вынужден вводить поправки, исходя из конкретных условий и художественных соображений.

Из опыта мастеров фотографии известно, что экспонометр дает ценную информацию, но правильную экспозицию определяет человек, так как экспонометр — это прибор, объективное вспомогательное приспособление, которое не заменяет сознательно действующего фотографа.

Для лучшего понимания методов измерения составлена табл. 8.

§ 3. Экспонометры

Фотоэлектрические экспонометры по принципу действия делятся на приборы с селеновым фотоэлементом и приборы с различными видами фоторезисторов.

В селеновом фотоэлементе световая энергия превращается в энергию электрического тока, пропорциональную падающему световому потоку и измеряемую микроамперметром. Шкала последнего градуируется в экспонометрических параметрах. Такие приборы не требуют дополнительного источника тока и имеют простое устройство. Недостатком их является малая чувствительность к слабому световому потоку.

Фоторезисторы не превращают световую энергию в электрическую, зато величина их электрического сопротивления изменяется соответственно падающему световому потоку, пропорционально изменяя силу проходящего через него электрического тока. Экспонометр, работающий на фоторезисторе, должен быть снабжен источником тока (в виде гальванического элемента или аккумулятора). Подобные приборы имеют более сложную схему и обладают большей чувствительностью к слабым световым потокам.

Экспонометры обоих принципов действия производятся во многих конструктивных исполнениях как отечественной, так и зарубежной промышленностью.

Экспонометры различаются также по углу охвата. Так, существуют приборы, регистрирующие световой поток с широким углом охвата, соответствующим углу зрения нормального объектива, а также приборы, дающие возможность определять на расстоянии яркость отдельных небольших поверхностей. Фотолюбитель должен хорошо себе представить, с каким экспонометром он работает, в противном случае будут получаться неправильно экспонированные снимки.

На многих фотоаппаратах устанавливают экспонометры, которые зачастую являются элементами автоматики. Используются оба указанных принципа действия. Угол охвата этих устройств также различен: от всего кадра до небольшого участка в его середине.

Широкое распространение получили камеры с измерением экспозиции за объективом, позволяющие точнее определять оптимальную величину экспозиции, основываясь на действительной освещенности кадра. Такой принцип работы используется чаще всего в зеркальных фотоаппаратах («Зенит TTL», «Киев-15» и др.), но иногда применяется и в дальнометрических (Лейка М5, Лейка CL). Измерение в зависимости от конструкции производится или по всему кадру, или только в его средней части. В некоторых конструкциях фотоаппаратов используются оба способа измерения («Лейка R3 электроника» и др.).

Ознакомимся более подробно с экспонометрами «Ленинград-4», «Ленинград-6», «Ленинград-7», «Ленинград-10», «Свердловск-2» и «Свердловск-4». Из них «Свердловск-2» предназначен только для измерения яркости объекта, а остальные для определения экспозиции — как по яркости поверхностей объекта, так и по его освещенности.

Каждый электрический экспонометр — это фактически измеритель освещенности, люксметр, показания которого переводятся в экспониметрические значения при помощи калькулятора. Иными словами, работа с экспониметром заключается в умелом измерении светового потока.

«Ленинград-4» — это наиболее дешевый и широко применяемый экспониметр. Он состоит из селенового фотоэлемента, шахты, ограничивающей угол охвата, и калькулятора. Все это смонтировано в пластмассовом корпусе. Электрическая схема экспониметра представлена на рис. 11.

Селеновый фотоэлемент состоит из железной пластины, на которую нанесен слой селена, покрытый сверху

золотой пленкой толщиной в несколько мкм. Под воздействием света между золотом и железом возникает ЭДС, которая вызывает электрический ток, проходящий через микроамперметр. Сила тока зависит от величины падающего светового потока.

Прибор имеет два диапазона измерения. Вначале используется малочувствительный диапазон. Только если

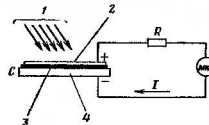


Рис. 11. Электрическая схема экспониметров «Ленинград», «Ленинград-2», «Ленинград-4», «Ленинград-6», «Ленинград-7», «Ленинград-10», «Свердловск-2» и «Свердловск-4». 1 — световой поток; 2 — слой золота, толщиной несколько мкм; 3 — селеновый слой; 4 — железная пластина; 5 — селеновый фотоэлемент; R — резистор для получения показания прибора; мкА — микроамперметр; I — ток в цепи микроамперметра

стрелка микроамперметра не будет двигаться дальше, чем на одно-два деления, переходят на другой диапазон. Этот прием предохраняет прибор от порчи. При переключении на более чувствительный диапазон из светопроводящего канала удаляют ограничивающую заслонку для того, чтобы свет поступал на всю поверхность фотоэлемента.

Калькулятор состоит из двух подвижных и одного неподвижного дисков. На первый диск нанесены три шкалы, которые видны в прорезях неподвижного и второго подвижного дисков. На наружной шкале представлены значения выдержки, причем в случае дробных величин даны только их знаменатели. На среднюю шкалу нанесены цифры, соответствующие показаниям миллиамперметра. На внутреннюю — частота кадров при киносъемке. На второй диск, расположенный над первым, нанесена шкала значений диафрагмы (знаменатели относительных отверстий) и шкала светочувствительности негативного материала в единицах ГОСТ и ДИН.

При подготовке к измерению поворотом второго диска устанавливают светочувствительность пленки. Затем по-

воротом первого диска устанавливают против треугольной отметки показания стрелки микроамперметра.

Установив калькулятор, выбирают подходящую экспозиционную пару — значения показателей диафрагмы и выдержки. О том, какую пару экспозиционных параметров выбрать, сказано в § 2.

Для измерения освещенности объекта падающим световым потоком в комплект экспонометра входит специальная молочная насадка. Во избежание порчи фотозлемента экспонометр, светопроводящий канал которого не прикрыт молочной насадкой, нельзя направлять на сильный источник света.

Наиболее точно прибор работает при температуре $+ (18-20)^{\circ}\text{C}$, поэтому зимой в промежутках между измерениями рекомендуется держать его в кармане.

Как видно из табл. 15, чувствительность экспонометра, «Ленинград-4» сравнительно невелика, вследствие чего возникают трудности с измерениями в условиях слабого освещения (в комнате, вечером в тени деревьев и т. д.). Поэтому рассмотрим способ «увеличения чувствительности» прибора в 16 раз, то есть на четыре ступени.

Если при слабом освещении измерение обыкновенными методами невозможно, замеряют освещенность без молочной насадки. Зная, что насадка уменьшает световой поток в $2^4=16$ раз, увеличивают полученную экспозицию на четыре ступени выдержки или на четыре показателя диафрагмы.

Пример. Стрелка показывает три деления. Светочувствительность пленки — 65 ед. ГОСТ. Действуя в соответствии с инструкцией, получим экспозиционную пару: относительное отверстие $1/2,8$ и выдержка $1/15$ с. Увеличив выдержку на четыре ступени, получим время экспозиции (выдержку) 1 с.

Можно также увеличить относительное отверстие, но так, чтобы общая сумма ступеней увеличения обеих экспозиционных параметров составила 4. Такой метод работы увеличивает возможности экспонометра.

«Ленинград-4» применяется и в практике кинолюбителей. С этой целью на первый диск кроме выдержек нанесена частота кадров.

При дефектном селеновом элементе сила тока не будет соответствовать силе светового потока и возникнет значительная погрешность (рис. 12), результатом которой будет передержка. Селеновый элемент приходит в негод-

ность в результате старения или под действием излишне сильного светового потока. Прибор можно исправить, сменив фотозэлемент.

«Ленинград-6» снабжен сернисто-кадмиевым (CdS) фоторезистором, отличается хорошими техническими параметрами в удобством в обращении.

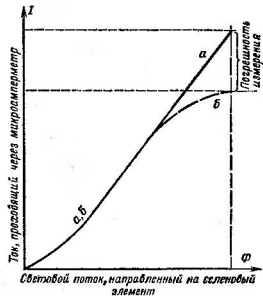


Рис. 12. Величина постоянного тока, возникающего в цепи микроамперметра с исправным (кривая a) и дефектным (кривая b) селеновым элементом. Из-за большого изгиба характеристической кривой b , при больших величинах Φ появляется значительная погрешность экспозиции (передержка)

Прибор предназначен для определения экспозиции при фотографировании и киносъемке по яркости объекта и его освещенности. Вследствие большой чувствительности он может быть использован в условиях слабого освещения (см. табл. 15). Экспонометр состоит из оптического датчика — сернисто-кадмиевого фоторезистора ФНФ-7, расположенного в ограничителе угла охвата; стрелочного индикатора с механическим арматуром; калькулятора; зеркального видоискателя; гнезда для трех элементов РЦ—53; корпуса.

При измерении свет, поступающий через объектив, находящийся в ограничителе угла, попадает на фото-

резистор, вызывая изменение его сопротивления, причем изменения зависят от величины светового потока.

В цепи кроме фотосопротивления включены источник питания, измерительный прибор и переменные сопротивления. Под действием света сопротивление фоторезистора уменьшается, и сила тока увеличивается, что и регистрируется. Расход энергии в экспонометре чрезвычайно мал. Элемент питания включается только в момент измерения, поэтому он практически годен к использованию до саморазрядки за счет старения.

Смена диапазона измерений производится клавишным переключателем. При измерении в обоих диапазонах стрелка снимается с арретира и в зависимости от силы светового потока дает показание. Окончив измерения, клавишу отпускают, и прибор арретируется на полученном значении. Величина последнего переносится на калькулятор. В центре калькулятора находится линза видоискателя, с помощью которой можно следить одновременно за показанием прибора, калькулятором и поверхностью, яркость которой измеряется.

Угол охвата экспонометра — 20° , что при 35-мм пленке соответствует углу объектива с фокусным расстоянием $f=135$ мм.

На передней стороне прибора расположены объективы фотодатчика и видоискателя, а также молочная насадка, которая при измерении падающего света перекрывает объектив датчика. По сравнению с другими экспонометрами «Ленинград» «Ленинград-6» имеет следующие преимущества (см. табл. 15):

приблизительно в 100 раз большую чувствительность; более широкий диапазон измерений; более узкий угол охвата; возможность контролировать правильность направления экспонометра (благодаря наличию зеркального видоискателя);

возможность с помощью арретира сохранять стрелку в положении, соответствующем произведенному измерению. При этом повышается надежность стрелочной системы.

Данные относительной зависимости показаний стрелки экспонометра «Ленинград-6» от светового потока представлены в табл. 10 [23].

«Ленинград-10», как и 1, 2 и 4-я модели этой марки, снабжен селеновым фотоэлементом и индикатором — микроамперметром. Электрическая схема его также ана-

логична предыдущим моделям. В экспонометре «Ленинград-10» используется селеновый фотоэлемент, покрытый слоем сульфид кадмия, что увеличило его стабильность. Показания этого прибора меньше зависят от температуры. Конструктивно фотоэлемент расположен в полусферической, поворачиваемой на 360° измерительной головке. Весь диапазон измерения с помощью молочных насадок разделен на три части для измерения освещенности, а с помощью ограничителей света — на две части для измерения яркости объекта.

Для измерения освещенности предусмотрен комплект из двух молочных насадок, которые при измерении можно надевать на фотоэлемент. При сильной освещенности используется насадка, обозначенная двумя треугольниками, при слабой освещенности — одним треугольником. Последняя используется в основном для определения средней освещенности. С соответствующим обозначением на калькуляторе надо совместить величину показаний стрелки микроамперметра.

При очень слабом освещении молочную насадку удаляют вообще и совмещают показание на калькуляторе с круглым обозначением.

Для измерения яркости объекта на фотоэлемент надевают сетчатые ограничители. Они обозначены так же, как и молочные насадки: для измерения большой яркости двумя, а средней яркости одним треугольником.

«Ленинград-10» можно использовать также при киносъемке в студии. Им пользуются при искусственном и естественном освещении, при съемке в интерьере и т. д.

Установив чувствительность и показания микроамперметра на калькуляторе, находят экспозиционные пары. При киносъемке определяют значение диафрагмы по заданной частоте кадров.

Недостатком экспонометра при определении экспозиции в фотографии является слишком широкий угол охвата.

«Свердловск-4» — это современный экспонометр для определения экспозиции по яркости объекта и по его освещенности. В качестве светочувствительного элемента используется сернисто-кадмиевый фоторезистор, а индикатора — светодиод, который при прохождение по нему электрического тока светится красным светом. Для увеличения светочувствительности в электронную схему прибора включен электронный усилитель.

Источником тока в схеме служит секция из ртутно-цинковых элементов ЗРЦ-53, напряжение которой 3,75 В. Ее можно заменить тремя элементами РЦ-53, тремя аккумуляторами Д-0,06 или импортными элементами РХ625 (3 шт.) или РХ13 (3 шт.). Можно, используя прилагаемую к прибору приставку, применить три элемента типа 316.

По сравнению с другими экспонометрами «Свердловск-4» имеет следующие преимущества:

- малый угол охвата;
- большой диапазон измерения яркости и освещенности;
- большая точность (соответственно ГОСТ 9851—68 класс точности А);

- высокая надежность при сотрясениях благодаря отсутствию стрелочного указателя;

- схема прибора снабжена стабилизатором напряжения, поэтому погрешность измерения заметно не увеличивается даже при падении напряжения источника питания с 3,75 В до 2,5 В.

Рассмотрим названные преимущества. Малый угол обзора позволяет определять яркость сюжетно наиболее важных поверхностей объекта даже от фотоаппарата. Особенно необходимо это при съемке на цветную обрабатываемую пленку, имеющую небольшую фотографическую широту.

Высокая чувствительность позволяет применять прибор в условиях слабого освещения, а также при пассивном процессе [11].

Благодаря малому размеру окна датчика экспонометр можно применять при съемке через микроскоп, бинокль и т. п. Диапазон измерения один, рабочая температура — от -20 до $+45^{\circ}\text{C}$.

На передней стороне экспонометра укреплен однопользовательный объектив видоискателя. Вблизи его фокальной плоскости и расположен используемый в качестве датчика фоторезистор. Светящийся индикатор — светодиод — расположен ниже окуляра видоискателя.

На большой (средний) диск калькулятора нанесены значения продолжительности выдержки. На твердоскрепленный в корпусе диск нанесены шкалы светочувствительности пленки в единицах ГОСТ и ДИН. На наружный диск — значения диафрагмы и отметки, которые необходимо совместить с величиной чувствительности в той или другой системе.

Порядок измерения экспонометром «Свердловск-4» сле-

дующий. Через объектив световой поток попадает на фоторезистор. Под действием света величина его сопротивления изменяется, и в цепи компенсации возникает ток как сигнал дисбаланса. Сигнал становится видимым за счет сечения оптического индикатора — светодиода, который зажигается или тухнет в зависимости от наличия сигнала дисбаланса.

Для введения схемы в режим компенсации вращают расположенный в правом (от себя) верхнем углу барабан, приводящий в движение включенный в электрическую схему потенциометр, а также соединенный с диском калькулятора, на котором нанесена шкала выдержек так, чтобы светодиод оказался на грани загорания. Затем на калькуляторе, исходя из требований продолжительности выдержки и глубины резкости, выбирают подходящую экспозиционную пару.

«Свердловск-4» градуирован соответственно ГОСТ 9851—68 и обеспечивает высокое качество черно-белого и цветного изображения со средней оптической плотностью 0,8—0,9. Недостатком экспонометра является инертность при измерении малых яркостей, поэтому при яркости измеряемой поверхности меньше $0,8 \text{ кд/м}^2$ надо держать прибор направленным на объект не менее 15 с.

Рассмотрим конкретно порядок работы с прибором при определении экспозиции по яркости поверхностей объекта:

- 1) измеритель берет в руку так, чтобы калькулятор был повернут к лицу наблюдателя;

- 2) при наблюдении через видоискатель наводят прибор на объект так, чтобы сюжетно наиболее важная поверхность попала в поле, ограниченное пунктирной линией;

- 3) пальцем включают питание и наблюдают за оптическим индикатором; при помощи барабана приводят в движение калькулятор:

- а) если индикатор светится, то по часовой стрелке до того момента, когда он потухнет;

- б) если индикатор не светится, то против часовой стрелки, пока он не окажется на грани загорания;

- 4) отпускают кнопку питания и по шкалам калькулятора находят экспозиционную пару.

Кроме того, на калькуляторе обозначена частота кадров для киносъемки, соответствующая определенному показателю диафрагмы. Шкала частот кадров нанесена

на том же диске, что и значения выдержек, и обозначена «КИНО».

Для измерения экспозиции по освещенности объектив оптического датчика закрывают молочной насадкой и направляют в сторону падающего светового потока. Действия с калькулятором аналогичны описанному выше.

Экспозиметр «Свердловск-4» можно использовать для определения яркости поверхностей объекта в кд/м². В этом случае на калькуляторе устанавливают светочувствительность 65 ед. ГОСТ. По выдержке для показателя диафрагмы 5,6 в табл. 14 находят величину яркости поверхности. Табличные данные соответствуют действительности при световой температуре осветителя 4800 К.

При микро- и макросъемке экспозицию можно определять через вивер зеркальной камеры. В фотоаппаратах типа «Зенит» световой поток, проходя через объектив, матовое стекло, призм и окуляр уменьшается примерно в десять раз [20]. Во сколько же раз надо уменьшать полученную экспозицию.

При использовании других зеркальных фотоаппаратов коэффициент уменьшения экспозиции K , определенный через окуляр, определяется опытным путем. Для этого на расстоянии 50—60 см от камеры устанавливают попеременно матовые, используемые для фона поверхности — белую, серую и черную. Их равномерно освещают.

На экспозиметре устанавливают чувствительность 65 ед. ГОСТ. Затем измеряют яркость поверхностей и по выдержке при показателе диафрагмы 5,6 в табл. 14 находят их яркости B_f . После этого определяют яркости через окуляр видоискателя зеркальной камеры. Полученные величины B в несколько раз меньше B_f .

Находит отношения определенных яркостей для трех случаев:

$$K' = \frac{B_f}{B}$$

и определяют их среднее значение:

$$K = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3},$$

которое и используют для определения действительной экспозиции. Для более удобного использования определяют его двойным логарифм, который и показывают

на сколько ступеней надо уменьшить экспозицию (выдержку или показатель диафрагмы):

$$\lg_e K \approx 3,3 - \lg K.$$

Пример. Если $K=12$, то количество ступеней, на которое необходимо уменьшить экспозицию, чтобы получить фактическое значение диафрагмы и выдержки, определяют с помощью логарифмов:

$$2^x = 12, \quad x = ?$$

$$x = \lg_e K \approx 3,3 \lg K = 3,3 \lg 12 = 3,3 \cdot 1,08 \approx 3,5.$$

Экспозиметр для более удобного измерения через окуляр можно крепить к аппарату при помощи специального держателя [20].

Если при макрофотографировании экспозицию определяют сквозь объектив фотокамеры, то не нужно корректировать экспозицию на выдвижение объектива, как это показано в § 7.

Экспозиметр «Свердловск-4» имеет элентрическую цель для контроля напряжения источника питания. Для этого одновременно включают кнопку питания и находящуюся вблизи кнопку контроля красного цвета. Чувствительность устанавливают на 65 ед. ГОСТ и, вращая барабан, приводят светодиод на грань нажатия.

Треугольная отметка около показателя диафрагмы 5,6 должна совпасть с расположенным в районе выдержки 1/250 с контрольным сектором. При контроле питания объектив оптического датчика закрывают непрозрачным материалом. Если отметка не совпадает с сектором контроля, то элементы питания надо заменить или подзарядить аккумуляторы.

На результаты измерения экспозиметра влияет цветная температура источника света (его спектральный состав), который зависит от времени дня, года, географической широты, облачности. Завод-изготовитель даст на прибора таблицу поправок.

Если продолжительность экспозиции больше 1/2 или меньше 1/500 с (для различных пленок по-разному), следует вводить поправку на эффект Шварцшильда. Таблица поправок расположена на передней (обратной) стороне калькулятора) стороне экспозиметра. Величина поправки дается в ступенях экспозиции.

Технические данные экспозиметра «Свердловск-4» представлены в табл. 15.

«Свердловск-2» предназначен для определения экспозиции по яркости объекта. В схеме прибора используется фоторезистор ФПФ-7-1.

Индикатор — светодиод — расположен в видоискателе. Основные измерительные операции аналогичны «Свердловск-4». Первые выпуски «Свердловск-2» не имели

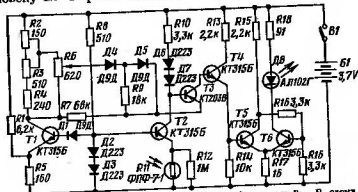


Рис. 13. Электрическая схема экспонометра «Свердловск-2». В схему измерительной цепи входят транзисторы Т1—Т6 и диоды Д1—Д4. В видоискательную цепь входят транзисторы Т4—Т6 и светодиод Д4. С помощью конденсатора С4 можно изменить потенциал фоторезистора R11.

цепи для контроля источника питания и таблицы для корректирования экспозиции. Нет возможности использовать элементы 316. Электрическая схема представлена на рис. 13. В настоящее время экспонометр «Свердловск-2» снят с производства.

§ 4. Пейзажные и архитектурные съемки

В этом параграфе будут рассмотрены некоторые конкретные случаи определения экспозиций при фотографировании. Для получения особых эффектов следует экспериментировать, основываясь на приведенных рекомендациях. Абсолютно все ситуации, при которых приходится фотографировать, конечно, невозможно предугадать и прокомментировать. В таких случаях на помощь приходят основательные теоретические знания и практический опыт.

При особо сложных условиях определения экспозиции следует делать несколько снимков, по крайней мере три с различной экспозицией. Так, при фотографировании

на черно-белую пленку экспозиции таких дублирующих кадров отличаются на $\pm 1-2$ ступени, а на цветную пленку на $\pm 0,5-1$ ступень от приблизительно определенной величины. В ходе позитивного процесса выбирают снимок

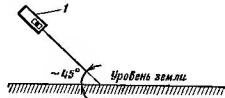


Рис. 14. Направление экспозиции 1 (без мощной насадки) во время определения экспозиции при фотосъемке пейзажа

с лучшей оптической плотностью. Трата пленки полностью оправдывается хорошим качеством изображения переднего неповторимого события.

При фотографировании пейзажей, если доля неба в кадре мала, следует направлять экспонометр под углом 45° к земле (рис. 14). Если основное внимание уделяется небу, экспонометр направляют туда, где производится съемка. При этом небо в кадре будет хорошо проработано, но находящиеся на земле объекты получатся или недоэкспонированными, или силуэтными.

Во время фотографирования восходов и закатов, чтобы увеличить в кадре изображение солнечного диска можно воспользоваться телеобъективом. При таких снимках определение экспозиции чрезвычайно сложно и зависит, кроме всего, от того, каким мы желаем видеть снимок: тональным или силуэтным. Некоторое среднее значение экспозиции получают, измеряя яркость неба, направив на него экспонометр. Если в угол зрения прибора попадет солнце, полученную величину экспозиции надо увеличить на одну-две ступени. Если снять нужно только игру лучей солнца на облаках, то не следует изменять полученных результатов. При этом изображения наземных объектов будут недоброкачественными или силуэтными.

Чтобы добиться успехов в съемке пейзажа, надо много экспериментировать. Особенно интересные результаты получаются на цветных диапозитивах. Если небо покрыто облаками, то интервал яркости очень велик: он намного превышает фотографическую широту цветной обращаемой

пленки. Поэтому каждое изменение экспозиции на одну-две ступени может дать совершенно различные снимки, так как каждая экспозиция выявляет новые поверхности, для которых данная экспозиция была оптимальной.

При съемке наземных объектов на цветные обрабатываемые материалы экспозицию нужно определять очень точно. В противном случае снимки не доставят зрителю удовольствия.

При фотографировании на цветную обрабатываемую пленку [2] определение оптимальной экспозиции производят по освещенности объекта съемки. Основное внимание при этом уделяют расположению покрытого молочным насадкой датчика экспонометра. Оно зависит от направления солнечного света, яркости поверхности, от того, на свету или в тени находится объект, и от направления съемки. Как известно (см. § 2), экспонометр при измерении освещенности надо направлять от объекта к фотоаппарату. На приведенных ниже рисунках рекомендуется в некоторых случаях иное направление. Это вызвано тем, что иногда, например при фотографировании очень темных или очень светлых объектов и т. п., в результате, полученные с помощью экспонометра, надо вводить поправку. Измерение экспонометром под углом, чем показано на рис. 15—18, углом и корректирует величину экспозиции. Показанные на рис. 15—18 приемы измерения

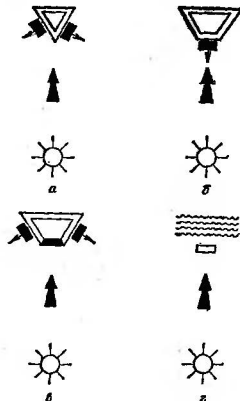


Рис. 15. Положение экспонометра во время определения экспозиции при фронтальном освещении



Рис. 16. Положение экспонометра по углу определения экспозиции при высоком контрольном освещении: а — правильно для темных участков; б — правильно для освещенных участков; в — компромиссное решение

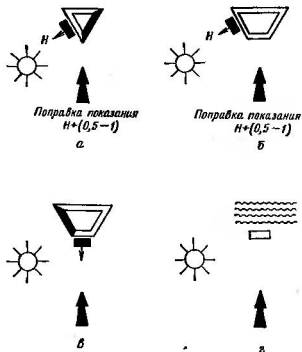


Рис. 17. Положение экспонометра во время определения экспозиции при боковом освещении

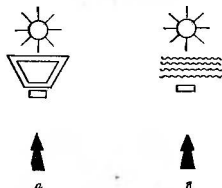


Рис. 18. Положение экспонометра во время определения экспозиции при вечернем освещении

рекомендуется использовать при фотографировании светлых объектов. Экспозиции, измеренные таким образом, позволяют получать изображения светлых поверхностей с хорошо проработанными деталями.

При прямом и боковом освещении (см. рис. 6) экспонометр следует направлять так, как указано на рис. 15 и 17. Положение прибора должно быть таким, чтобы молочная насадка была параллельна измеряемой поверхности. Фотографируя яркие поверхности свежа, льда, песка, воды и улицы, экспозицию замеряют экспонометром, направленным вертикально вверх (см. рис. 15, 17, 18). Насадка в этом случае должна быть параллельна снимаемой поверхности. Тем же правилом руководствуются при съемках захода или восхода солнца (см. рис. 18).

При очень высоком контрастом освещении экспозицию определяют, как показано на рис. 16:

- а) при съемке в тени измерительный прибор направляют на фотоаппарат, ось прибора горизонтальна;
- б) если интересные поверхности находятся на освещенной части, прибор направляют вертикально вверх;
- в) чтобы одинаково подчеркнуть детали, находящиеся как в тени, так и на свету, прибор направляют под углом 45° вверх в сторону аппарата.

При высоком боковом освещении, когда угол между направлением съемки и фотографируемой поверхностью очень мал или если направление съемки параллельно фотографируемой поверхности (см. рис. 17, а, б), следует увеличить полученную экспозицию на 0,5–1 ступень.

Для темных объектов экспозицию лучше определять по яркости — измерять отраженный световой поток, так как тогда получают результаты, более близкие к реальным.

Введение поправок бывает вызвано также тем, что при таких длинах волн, как 430 мкм (фиолетовый) и 620 мкм (оранжевый), спектральная чувствительность панхроматической фотопленки примерно в два раза больше, чем у селенового фотоэлемента (см. рис. 8). Это следует учитывать, например, при пасмурной погоде, когда наивные объекты освещаются рассеянным синеватым светом.

Рано утром или поздно вечером в солнечном свете преобладают лучи красной части спектра, поэтому результаты измерения следует исправлять.

Высоко в горах слой атмосферы уменьшается, воздух там чище (меньше рассеивание), небо сияет и темнее.

Солнечный свет ярче и резче. Все это вызывает необходимость корректировки результатов измерений.

При фотографировании на цветную обрабатываемую пленку особенно надо учитывать быстрое понижение со временем ее чувствительности. Так, если при выпуске чувствительность пленки составляла 18 ед. ДИН (45 ед. ГОСТ), то по прошествии 16 месяцев хранения при температуре

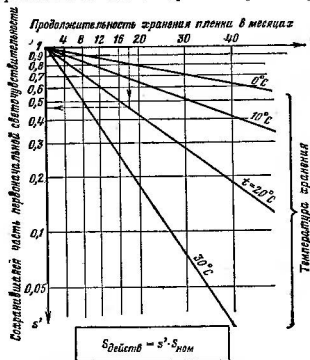


Рис. 19. Сохранявшаяся доля первоначальной светочувствительности в зависимости от продолжительности и температуры хранения. 20°C чувствительность ее составит только половину первоначальной величины (22 ед. ГОСТ).

На рис. 19 дана номограмма для определения чувствительности цветной обрабатываемой пленки, оставшейся после хранения в течение известного времени при определенной температуре. Учитывая при определении экспозиции ее действительную светочувствительность $S_{\text{действ}}$ можно получить правильно освещенные диапозитивы с нормальным световым балансом. Определяя время хра-

нения, надо знать, что для отечественных цветных обрабатываемых материалов гарантия дается на 12 месяцев, а для пленок «Ореохром» на 18 месяцев. На основе этого можно определить дату изготовления. Пример определения сохранившейся части светочувствительности показан на номограмме (см. рис. 19) пунктиром.

О светофильтрах

В фотографической практике широко применяются светофильтры, с помощью которых во время съемки можно изменять цвет, тон, контраст объекта съемки. Так, при черно-белой съемке, чтобы выделить облака с помощью желтого или оранжевого светофильтра, притемняют небо. Передать яркость зелени поможет зеленый светофильтр.

Красный светофильтр используют главным образом при съемке пейзажей для создания при дневных условиях эффекта ночи, а также для увеличения контраста между светом и тенью. Голубой и синий фильтры смягчают резкие тени при фотографировании на солнце и увеличивают впечатление дымки при пейзажной съемке.

Поляризационные фильтры применяют для удаления бликов с блестящих поверхностей (исключая металлические) и для съемки неба в более темной тональности. Их успешно применяют и при съемке на цветные светочувствительные материалы, добываясь, например, увеличения цветового контраста. Наибольшего эффекта в применении поляризационных фильтров достигают, когда угол между лучами солнца и осью объектива составляет 90°.

Ультрафиолетовый светофильтр задерживает ультрафиолетовые лучи (длина волны меньше 400 мкм), он незаменим при фотографировании и киносъемке высоко в горах, на снегу, на берегу водоема и в летний полдень. Этот светофильтр значительно уменьшает синеву при съемке на цветную обрабатываемую пленку. Если на диапозитивах, снятых с ультрафиолетовым светофильтром, все же преобладают изображения в фиолетово-синей тональности, то это вызвано недодержкой, недостаточным первым проявлением при обработке или старением фотоэмульсии. Влияние же ультрафиолетового излучения снижается применением фильтра, а не изменением экспозиции.

В табл. 16 представлено изменение тональности черно-белого позитивного изображения различных цветов в зависимости от цвета используемого светофильтра. Приме-

нение светофильтров требует увеличения экспозиции. В табл. 17 даны величины коэффициента увеличения экспозиции в зависимости от типа светофильтра [21] для изохроматических негативных материалов. Обширный материал по применению светофильтров представлен в книге В. В. Дюховского «Применение светофильтров в натурной съемке» [48].

Съемка архитектуры с точки зрения определения экспозиция не относится к особому виду. Фотографируя архитектуру, надо больше внимания уделять направлению солнечного света, которое подчеркивает фактуру, перспективу, выявляет форму здания. Эффектные снимки можно получить в городе рано утром или поздно вечером, когда солнце остается за высокими домами, трубами и т. д. Здания при этом как бы окантовываются интересными световыми ореолами. Определяя экспозицию при съемке узких улиц, приходится учитывать, что здания освещены неравномерно.

Для затемнения безоблачного неба в городе желтый фильтр непригоден, так как в воздухе много пыли и дыма, а в рассеянном освещении достаточно лучей с большими длинами волн, которые проходят через фильтр и попадают на пленку.

В дождь и туман хорошо передается глубина пространства. Мокрая поверхность асфальта или другого покрытия улиц оживляет фотографическое изображение, поэтому этот эффект следует по возможности использовать.

При съемке пейзажей и архитектуры фотограф должен обязательно учитывать данные относительно введения поправок в экспозицию, собранные в табл. 18 [16, 17, 48] и на рис. 14—48.

Для различных методов определения экспозиции в таблицах применяются следующие обозначения:

О — определение освещенности объекта путем измерения падающего светового потока.

Определение яркости объекта путем измерения отраженного светового потока:

Я-И — интегральное определение яркости;

Я-СВП — определение яркости сюжетно самой важной поверхности;

Я-М/М — определение максимальной и минимальной яркости;

Я-МЗ — определение яркости объекта методом замещения.

Поправки к экспозиции даны с учетом светочувствительности селенового фотоэлемента экспонометров типа «Ленинград». В таблицах они приводятся следующим образом:

—1 — экспозицию, полученную путем замера, надо уменьшить на одну ступень (в два раза);

+2 — экспозицию, полученную путем измерения, надо увеличить на две ступени (в четыре раза);

+(1—2) — экспозицию, полученную путем замера, надо увеличить на одну-две ступени (в два-четыре раза); исходя из соображений фотографа и т. д.

§ 5. Портретные и групповые съемки

Для фотографирования портретов и групп при естественном свете больше всего подходит рассеянное освещение. Фотограф свободнее может выбирать направление съемки, так как на лица снимаемых не образуется близов и теней.

При солнечном свете для смягчения теней применяют отражающие экраны. Эту роль могут играть светлая одежда, поверхность воды, снега и т. д.

Лучшими считаются условия, когда солнце светит сквозь прозрачный слой облаков (рассеяно-направленное освещение). Интересные результаты получаются при смягчении теней светом импульсной лампы.

Чтобы избежать искажений при портретной съемке, расстояние от фотоаппарата до объекта должно быть равно по крайней мере 20-кратному фокусному расстоянию объектива [46]. Снимать портреты удобнее всего вертикальной фотокамерой («Зенит», «Практика» и т. д.).

При съемке на 35-мм фотоленку рекомендуют пользоваться объективами с фокусным расстоянием ≥ 85 мм. Такие объективы позволяют получать более крупномасштабные изображения с меньшим искажением и освобождаться от мешающего фона.

При портретной съемке не стоит излишне диафрагмировать объектив, так как это ухудшает пластичность изображения лица. Минимальным относительным отверстием является $1/5,6$. В репортажном фотографировании значение имеет и окружение человека. В этом случае применяют объективы с более коротким фокусным расстоянием и для увеличения глубины резкости его зачастую сильно диафрагмируют.

Для смягчения теней можно пользоваться голубым светофильтром. Желтыми светофильтрами пользоваться нельзя, так как они увеличивают различие между светом и тенью, усиливая контрастность изображения. В качестве негативного материала используют мягкие, мало чувствительные пленки. При проявлении нельзя превышать время обработки — это уменьшает выразительность изображения, ухудшает передачу фактуры и приводит к исчезновению деталей в освещенных местах.

Экспозицию определяют по яркости наиболее важных поверхностей, то есть измеряют световой поток, отраженный от лица. Грушковые съемки проводятся так же, как и портретные, только фокусное расстояние объектива должно быть 50 мм или меньше. Экспозицию измеряют так же, как и при портретной съемке.

С успехом можно пользоваться методом измерения отраженного светового потока по эквивалентной поверхности, измеряя отраженный свет, например, от ладони или другой поверхности, если рука или другая эквивалентная поверхность находится в одинаковых условиях со снимаемым объектом.

Советы по определению экспозиции при фотографировании портретов и групп приводятся в таблице 18.

Портретная съемка при искусственном освещении.

Этот вид фотографирования очень труден, так как выбор возможных схем освещения очень велик. Все зависит от желания и вкуса автора, особенностей лица портретируемого, от помещения, в котором ведутся съемки, от числа осветительных приборов и многого другого. Поэтому приведенный пример освещения (рис. 20) является только одним из возможных вариантов. Величина свето-

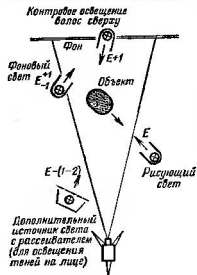


Рис. 20. Вариант расположения осветителей при портретной съемке

вого потока от источников света обозначена на схеме условно. За основу берут свет основного источника (рисующий свет), измеренный непосредственно от объекта. Величина этого светового потока обозначена E (в делениях шкалы экспонометра). При намерении фотовелемент экспонометра закрытой молочной палочкой нащупывают на осветительный прибор.

Дополнительный источник — заполняющий свет — используется для смягчения теней (прикрыт рассеивателем), выбирается на одну-две ступени слабее основного источника (измеряется от объекта).

Контурный источник света применяют для придания волосам приятного блеска и выделения контуров. В данном случае он на одну ступень больше основного источника. Если желательно иметь светлый фон, то фоновый источник света выбирают на одну ступень большим, а для темного фона на ступень меньшим основного источника. Экспозицию выбирают среднюю от измерений основного и дополнительного световых потоков. Измерения каждого источника производят при выключенных других осветительных приборах. Более широко осветительные схемы даны в литературе [3].

§ 6. Определение экспозиции при фотографировании движущихся объектов

В табл. 19 [9] представлены данные относительно максимальных выдержек для съемки движущихся объектов, при которых не возникает заметного снижения резкости. Более короткие выдержки можно применять всегда.

В журнале «Советское фото» [8] даны расчетные методы для определения допустимой выдержки, что позволяет учесть конкретные условия. Конечно, расчет надо производить заранее, готовясь к съемке и используя ориентировочные исходные данные.

А. Объект движется перпендикулярно оптической оси объектива.

Допустимая максимальная выдержка

$$t = \frac{3,6 \cdot a}{f \cdot v},$$

где v — скорость движения объекта, км/ч; t — выдержка, с; f — фокусное расстояние объектива, мм; a — допусти-

мый сдвиг изображения на негативе, мм; a — расстояние до объекта, м. Для киноплёнки $c \leq 1/18$ мм.

Б. Объект движется в направлении оптической оси объектива.

1. Объект занимает примерно $2/3$ кадра, допустимая максимальная выдержка составляет

$$t = \frac{5a}{6fv}.$$

Если фокусное расстояние равно 50 мм, то формула примет вид

$$t = \frac{a}{60v}.$$

2. Объект занимает приблизительно $1/3$ кадра; допустимая выдержка составляет

$$t = \frac{5a}{3fv},$$

и при фокусном расстоянии 50 мм

$$t = \frac{a}{30v}.$$

Пример. Пусть скорость движения $v=50$ км/ч, расстояние до объекта $a=15$ м и фокусное расстояние $f=50$ мм

А. Если объект движется перпендикулярно оптической оси:

$$t = \frac{3,6ca}{fv} = \frac{3,6 \cdot 1 \cdot 15}{50 \cdot 18 \cdot 50} = \frac{1}{830}.$$

Выбираем выдержку $1/1000$ с.

Б. Допустимая максимальная выдержка, если объект движется в направлении оси.

1. Объект занимает $2/3$ кадра:

$$t = \frac{a}{60v} = \frac{15}{60 \cdot 50} = \frac{1}{200}.$$

Выбираем выдержку $1/250$ с.

2. Объект занимает около $1/3$ кадра:

$$t = \frac{a}{30v} = \frac{15}{30 \cdot 50} = \frac{1}{100}.$$

Выбираем выдержку $1/125$ с.

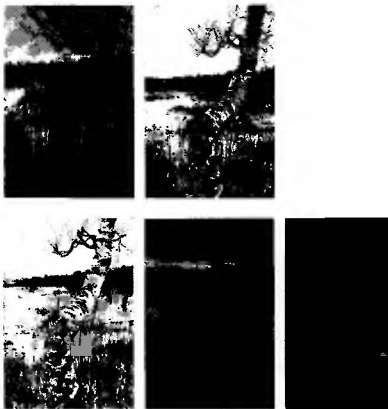


Фото 30. Пример применения «зональной системы». Снимок «а» сделан с экспозицией, определенной по отраженному от бересты свету (1/125 с. 1,5,6). Береста среднесерая (зона 4). Снимок напечатан на нормальной фотобумаге. Вслед за этим снимком сделаны варианты «б» (1/125 с. 1,8), «в» (1/125 с. 1-11), «г» (1/125 с. 1-4) и «д» (1/125 с. 1-2,8). В результате на фото «б» береста получилась светло-серой (зона 5), на фото «в» — белой с фактурой (зона 6), на фото «г» — темно-серой (зона 3) и на фото «д» — черной с фактурой (зона 2). Более всего соответствует действительности снимок «б» — береза снята против света, поэтому белым стал быть не должен. Значит, следует сделать поправку к экспозиции +1 ступень. Если надо добиться вечернего или ночного эффекта, следует произвести фотографирование в третьей или второй зоне, то есть ввести поправку -1 или -2 ступени экспозиции (см. варианты «г» и «д»). Все фотографии напечатаны с одинаковой экспозицией.

Найдем допустимую выдержку для приведенного выше случая, если фокусное расстояние объектива не 50 мм, а 135 мм:

$$t = \frac{5a}{3f} = \frac{5 \cdot 15}{8 \cdot 135 \cdot 50} = \frac{1}{290}.$$

Можно использовать близкую к 1/290 с выдержку 1/250 с, но возможна все же погрешность. Выдержка 1/500 с это исключает.

Таким образом, из трех экспозиционных параметров заранее заданы два: чувствительность пленки и выдержка. Соответственно показанию экспонометра находят значение показателя диафрагмы. Естественно, для быстро движущегося объекта экспозицию замеряют по эквивалентным поверхностям или по освещенности. Для более быстрого определения наибольшей продолжительности выдержки при фотографировании движущихся объектов можно пользоваться упрощенной табл. 20[17]. Движение объекта относительно фотоаппарата указано стрелкой.

§ 7. Определение экспозиции в макрофотографии

При фотографировании небольших предметов, размеры негативного изображения приближаются к величине оригинала или даже превышают его. Масштаб — это дробь $1/m$, где число m показывает, во сколько раз линейные размеры изображения меньше линейных размеров изображенного предмета. В случае, когда изображение больше предмета, величину этого отношения принято называть коэффициентом увеличения β :

$$\frac{1}{m} = \beta,$$

где $\beta = \frac{\text{Длина изображения, мм}}{\text{Действительная длина предмета, мм}}$.

В зависимости от масштаба, или иначе, коэффициента увеличения, фотографии разделяются на три вида (см. табл. 21) [12]: обыкновенная фотография, макрофотография и микрофотография.

Для изготовления макрофотографий лучше пользоваться вертикальными фотоаппаратами, так как в их видоискателях можно непосредственно рассмотреть размеры

изображения, глубину резкости и точно навести объектив на объект. Обложившие объективы позволяют наводить на резкость начиная с 0,3—0,5 м. На более близком расстоянии приходится пользоваться специальными промежуточными кольцами (см. табл. 26) или макроприставкой, которую удерживают между фотокамерой и объективом.

Длина изображения на киноленте может достигать максимально 36 мм, то есть длины кадра. Сравнивая ее с длиной объекта, можно определить масштаб изображения и выбрать подходящее промежуточное кольцо (№ 1 самое короткое, № 3 самое длинное).

При удалении объектива от поверхности негативного изображения уменьшается падающий на него световой поток, поэтому следует проводить коррекцию экспозиции. При масштабе $\frac{1}{m} = \frac{1}{10}$ и меньше поправка невелика и ее можно не учитывать (табл. 22). При объективе с фокусным расстоянием 50 мм масштаб $1/10$ получается при фотографировании на расстоянии 50 см. При более близкой съемке надо уже вводить поправку к экспозиции.

Пусть, например, расстояние при съемке равно 22,5 см, следовательно, соответственно таблице требуется кольцо № 3. Масштаб составляет приблизительно $1 : 1,72$, иными словами — коэффициент увеличения

$$\beta = \frac{1}{m} = \frac{1}{1,72} = 0,582.$$

Коэффициент увеличения экспозиции определяется как

$$k = (1 + \beta)^2.$$

В данном случае составляет:

$$k = (1 + 0,582)^2 = 2,5 \text{ раза.}$$

Значит, надо увеличить время экспозиции или диафрагму так, чтобы экспозиция возросла в 2,5 раза. В данном случае нужно увеличить выдержку или диафрагму несколько больше, чем на одну ступень (если точно нельзя, то на одну ступень).

Если размер оригинала равен размеру негативного изображения ($\frac{1}{m} = \frac{1}{1}$; $\beta = 1$), то экспозицию увеличивают

$$k = (1 + \beta)^2 = (1 + 1)^2 = 2^2 = 4 \text{ раза.}$$

Макрофотографии подробно освещена в литературе [12 и 19]. Владелец экспонометров «Свердловск-2» и «Свердловск-4» могут измерить экспозицию, не прибегая к поправкам через видоискатель зеркального фотоаппарата. Правильная величина экспозиции получится при ис-

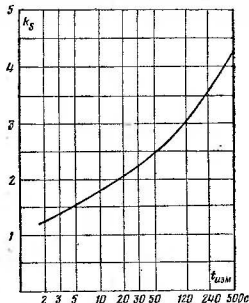


Рис. 21. Продолжительный коэффициент K_s в зависимости от ее продолжительности

пользовании экспонометрического устройства фотоаппарата системы ТТЛ.

При макрофотографии и репродуцировании может возникнуть необходимость длительных выдержек. Если выдержки 5 с и больше, надо учитывать эффект Шварцшильда, который учитывает нарушение пропорциональности между полученной оптической плотностью и величиной экспозиции при очень длинных или очень коротких выдержках [27].

Коэффициент увеличения экспозиции в зависимости от ее продолжительности представлен на рис. 21. В цветной фотографии также следует учитывать эффект Шварцшильда [22]. Так как различные светочувствительные слои эмульсии не в равной степени подвержены этому

эффекту, то может возникнуть нарушение цветопередачи. Поэтому промышленностью выпускаются два вида цветных светочувствительных материалов, предназначенных для коротких ($\leq \frac{1}{30}$ с) и длинных ($\geq \frac{1}{30}$ с) выдержек. Чаще всего к первому виду относятся материалы для

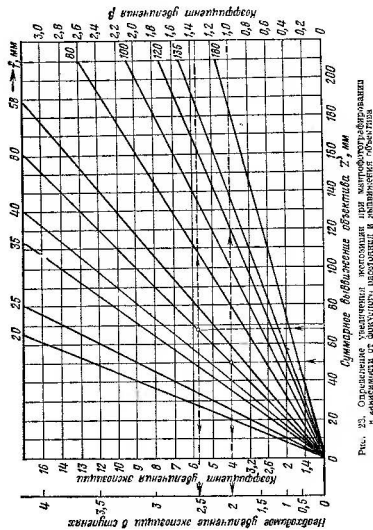


Рис. 23. Определение коэффициента увеличения при макрофотографировании и масштабом от фокусного расстояния объектива

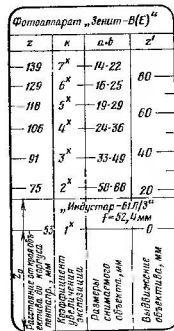


Рис. 23. Передняя сторона измерительной линейки

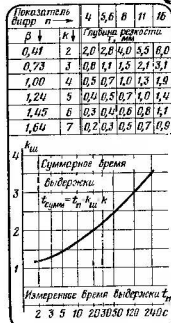


Рис. 24. Задняя сторона измерительной линейки

съемки при дневном свете, а ко второму — для фотографирования при искусственном свете.

Для облегчения работы при макрофотографировании можно использовать номограмму на рис. 22 [17] или измерительную линейку (рис. 23 и 24). Применение номограммы не вызывает особых трудностей. Так, предположим, что используется объектив с фокусным расстоянием 50 мм, необходимое его выдвижение тоже 50 мм, тогда коэффициент увеличения $\beta=1$ и требуется увеличение экспозиции в четыре раза, иначе на две ступени (на рис. 22 ход определения представлен пунктиром).

Несколько слов о понятии «выдвижение объектива». Пусть расстояние переднего края объектива от передней стороны пентапризмы зеркального аппарата при установке объектива на бесконечность Z_0 мм. При макростемке приходится значительно выдвигать объектив, зачастую прибегая даже к удлинительным кольцам. Допустим, что в этом случае расстояние переднего края объектива от пентапризмы Z мм. «Выдвижение объектива» будет тогда составлять:

$$Z' = Z - Z_0, \text{ мм.}$$

Эту величину легко измерить, и по ней можно найти необходимое увеличение экспозиции.

Еще удобнее для определения поправки к экспозиции пользоваться измерительной линейкой, передняя сторона которой представлена на рис. 23. На ней нанесены:

- выдвижение объектива Z' , мм;
- размеры снимаемого объекта, мм;
- расстояние от переднего края объектива до корпуса пентапризмы Z , мм;
- коэффициент увеличения экспозиции, k .

Изображенная на рисунке измерительная линейка составлена для фотоаппарата «Зенит-Б» и объектива «Индустар-61 М/3» с фокусным расстоянием $f=52,4$ мм, который широко применяется в макрофотографии. При фотографировании с близкого расстояния без применения удлинительных колец (0,3 м) приходится увеличивать экспозицию в полтора раза.

Если в распоряжении фотографа фотоаппарат с объективом, имеющим другое фокусное расстояние, то надо сделать для себя новую вспомогательную линейку.

Для этого производятся следующие расчеты.

1. Задаются целыми значениями k .
2. Зная, что $k=(1+\beta)^2$, определяют коэффициент увеличения:

$$\beta = \sqrt{k} - 1.$$

3. Определяется выдвижение объектива:

$$Z' = f \cdot \beta, \text{ мм.}$$

где f — фокусное расстояние, мм.

Когда объектив наведен на бесконечность, его длина $Z=Z_0$, и выдвижение $Z'=0$.

4. Размер Z_0 определяется размерами копиретного объектива.

5. Общая длина выдвинутого объектива с удлинительным кольцом (если оно есть)

$$Z = Z_0 + Z', \text{ мм.}$$

6. Размеры снимаемого объекта ($a \times b$) определяются умножением коэффициента увеличения β на размеры кадра (например, 24×36 мм).

7. Для введения поправки на эффект Шварцшильда можно найти коэффициент увеличения экспозиции k_s на рис. 21.

8. Пределы глубины резкости находят, как

$$G = 2nd \frac{1+\beta}{\beta^2}, \text{ мм,}$$

где n — значение показателя диафрагмы (обратная величина относительного отверстия); d — диаметр кружка рассеяния для кадра 24×36 мм ($d=0,03$ мм).

На оборотную сторону линейки (см. рис. 24) наносится таблица глубины резкости в зависимости от n и $\beta(k_s)$, а также график поправок на эффект Шварцшильда.

В ходе работы не следует забывать, что из-за малой глубины резкости при макростемке нужно сильно диафрагмовать объектив. При фотографировании измеряют левой шкалой линейки длину объектива Z и далее по второй шкале определяют коэффициент увеличения экспозиции k , затем, исходя, если нужно, поправку на эффект Шварцшильда, определяют продолжительность экспозиции.

§ 8. Определение экспозиции при использовании импульсных ламп

В качестве импульсных источников света известны магнetyные вспышки, одноразовые электрические лампы-вспышки и электронные импульсные лампы, предназначенные для многократного использования.

Маленькие источники света, широко использовавшиеся раньше, теперь не применяются. В нашей стране получили распространение электронные импульсные

лампы-вспышки нескольких типов: «Луч-70», ФИЛ-11М, ФИЛ-41М, ФИЛ-105, ФИЛ-106, ФИЛ-107, «Чайка» и многие другие. Это бездействующие и наиболее мощные источники света в фотографии.

Электронные вспышки состоят из импульсных газоразрядных ламп, источников тока, представляющих собой конденсатор большой емкости, и системы зажигания. Для зарядки конденсатора используются электрической сетью (выпрямитель входит в схему вспышки), батарейками для карманного фонаря или батарей «Молния» — 3309ВМГЦ-4250. О готовности прибора к работе сигнализирует зажигание неоновой лампочки. Кратковременный мощный световой импульс возникает при протекании электрического заряда через газоразрядную лампу типа ИФК. Небольшой импульс, необходимый для зажигания лампы, получается синхронно с нажатием на спуск затвора фотокамеры, причем полному открытию последнего должен соответствовать световой импульс.

Если на фотоаппарате нет синхроромбика, камеру удерживают на штативе. Установив указатель выдержки на B и открыв затвор, включают при помощи специальной кнопки лампу-вспышку. Такой способ можно использовать, конечно, только тогда, когда общее освещение помещения очень слабое. Во время фотографирования пинтерьеров электронную вспышку используют для подсветки переднего плана. Для синхронного включения вспышки в регулировки времени «поджигания» фотоаппараты оборудованы:

- 1) одним синхроромбиком. В том случае, когда устройства для обеспечения времени «поджигания» нет, пользуются только электронно-импульсными осветителями;
- 2) двумя контактами; один обозначен молнией или буквой «Х» и предназначен для электронно-импульсных осветителей; другой обозначен значком, напоминающим лампочку, или буквой «М» и предназначен для одноразовой лампы-вспышки. Регулировки времени «поджигания» нет;
- 3) одним контактом для включения вспышки. Находясь на одной оси с регулятором времени экспозиции рычажок позволяет плавно регулировать время поджигания; крайние положения этого регулятора обозначены буквами «Х» и «М»; положение «Х» предназначено для электронно-импульсного осветителя.

Излучаемая импульсной электронной лампой световая энергия W рассчитывается как

$$W = \frac{CU^2}{2}, \text{ Дж.}$$

где C — емкость конденсатора, фарад; U — напряжение зарядки конденсатора, вольт.

Эта величина дана в инструкции к прибору.

Для определения экспозиции надо знать ведущее число вспышки A .

$$A = \rho \sqrt{WS} = \rho U \sqrt{\frac{CS}{2}},$$

где ρ — коэффициент отражения рефлектора; S — чувствительность пленки в ед. ГОСТ.

Многие отечественные электронные импульсные лампы имеют световую энергию 36 Дж и коэффициент отражения 0,4—0,5. Тогда, например, для пленки чувствительностью 65 ед. ГОСТ ведущее число равно

$$A = \rho \sqrt{WS} = 0,4 \sqrt{36 \cdot 65} \approx 20.$$

Значение показателя диафрагмы находят по формуле

$$n = \frac{A}{a},$$

где a — расстояние от импульсной лампы до объекта съемки в метрах.

На современных электронных лампах-вспышках имеются калькуляторы, позволяющие без проведения указанных выше расчетов по чувствительности и расстоянию определить значение показателя диафрагмы.

В схеме электронной импульсной лампы «Луч-70» имеется переключатель энергии светового импульса на 50 и 100 Дж. Соответственно используемому значению энергии величину чувствительности устанавливают на калькуляторе против стрелки с цифрой 50 или 100 и определяют значение показателя диафрагмы.

При использовании импульсного источника света освещенность объекта зависит от размеров помещения (рассеивания света) и отражательных способностей фотографируемых поверхностей. Поэтому полученные значения показателя диафрагмы приходится корректировать.

1. При съемке в очень большом помещении величину экспозиции нужно увеличить на одну ступень (выбирают

на одну ступень большую величину относительного отверстия или на одну ступень меньший показатель диафрагмы).

2. При фотографировании очень светлых объектов (белая одежда и т. д.) недоэкспонируют на одну ступень (выбирают на одну ступень меньшее относительное отверстие).

Сумма с несколькими импульсными лампами, суммарное ведущее число A_v определяют по формуле: $A_v = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + \dots + A_n^2}$, где $A_1, A_2, \dots, A_n$ — ведущие числа отдельных импульсных ламп. Так, при двух одинаковых лампах-вспышках ведущее число не в два, а в $\sqrt{2} \approx 1,4$ раза больше ведущего числа отдельного импульсного осветителя.

Ведущее число импульсной электронной лампы можно найти, умножив полученное на калькуляторе значение диафрагмы на расстояние. Причем не следует забывать, что оно зависит от чувствительности негативного материала.

Время вспышки электронных импульсных осветителей типа ФИЛ $\approx 1/400$ с, что дает возможность при съемке фотоаппаратом с центральным затвором («Смега», «Чайка», «Любитель-2», «Виллиа-автор», «Искра» и т. п.) пользоваться всеми выдержками больше $1/400$ с. Таким образом, центральный затвор позволяет выбрать выдержку, получить хорошо проработанные по глубине снимки с использованием общего освещения.

По светочувствительности пленки и расстоянию находят значение диафрагмы. Затем определяют экспозицию по освещению в помещении при помощи электрического экспонометра. Из полученных экспозиционных пар выбирают величину выдержки, соответствующую найденному ранее значению диафрагмы.

В отечественных фотоаппаратах со шторным затвором (ФЗД, «Зоркий», «Киев», «Зенит» и др.) панменная выдержка, при которой затвор полностью открыт, составляет $1/30$ с (в первых моделях этих аппаратов $1/25$ с). Это обстоятельство следует учитывать при большом общем освещении. Хотя это, возможно, и недостаточно для съемки, может возникнуть «смазывание» изображения вследствие движения объекта. Это — основной недостаток использования электронной вспышки с аппаратом, имеющим шторный затвор.

При съемке с более короткими выдержками экспонируется только часть кадра, причем она будет тем уже,

чем меньше выдержка. Такое может случиться и если при правильной выдержке рычажок регулировки времени «поджатая» при использоваии электронной импульсной лампы сместится с положения «Х».

Чаще всего при фотографировании вспышку направляют на объект. Если она прикреплена к фотокамере, то расстояние, по которому определяют значение диафрагмы, будет тем же, что и на шкале объектива. При таком освещении возникают резкие тени. Наземные объекты мы привыкли видеть освещенными сверху, как при естественном освещении. Поэтому лучше импульсную лампу держать повыше и несколько сбоку (справа или слева) или над объективом.

В небольших помещениях можно пользоваться рассеянным отраженным светом — вспышку направляют выше камеры на падающую сюда стену или на потолок. Ведущее число зависит от длины пути света и отражательных способностей поверхностей. Если стены и потолок плохо отражают свет, то от такого способа освещения приходится отказываться. Величину диафрагмы находят опытным путем.

Отраженный свет дает мягкое, без резких теней освещение. Им рекомендуется пользоваться при съемке пожилых людей (если не ставится задача подчеркнуть морщины) и детей.

При съемке на черно-белые негативные материалы светофильтры применять не следует.

Так как импульсные лампы контрастно освещают объект, обрабатывать пленку лучше выравнивающим проявителем. Ниже приводится рецепт двухрастворного выравнивающего проявителя.

Запасный раствор А

Вода при температуре 20°C	400 мл
Сульфат натрия безводный	7 г
Метол «А»	7,5 г
Сульфат натрия безводный	38 г
Вода	до 500 мл

Запасный раствор Б

Вода при температуре 20°C	400 мл
Фенидон	0,5 г
Гидрохинон «А»	7,5 г
Сульфит натрия безводный	38 г

Поташ	15 г
Бромистый калий	4 г
Вода	до 500 мл

Для составления растворов желательно пользоваться дистиллированной водой. Компоненты проявителя следует растворять в порядке, указанном в рецепте. Фенидоп растворяют в этиловом спирте (5 мл спирта на 0,1 г фенидопа).

Перед употреблением растворы должны выстоять 24 часа, хранить их следует в хорошо закрытой темной посуде.

Для проявления пленки готовят 1 рабочий раствор: 475 мл воды + 25 мл запасного раствора А. В этом растворе пленку проявляют 6 или 7 минут, в зависимости от чувствительности пленки.

Светочувствительность фотопленки, ед. ГОСТ	Время проявления, мин.
32—90	6
130—250	7

Затем проявитель из бачка сливают в чистый сосуд и добавляют в него 25 мл запасного раствора В. Перемешивают и снова заправляют в бачок. Время второго проявления также зависит от светочувствительности фотопленки.

Светочувствительность фотопленки, ед. ГОСТ	Время проявки, мин.
32—90	6
130—250	8

Если предполагают, что негатив недодедержан, то время проявления в I растворе увеличивают по мере надобности до 14 мин, во II растворе до 16 мин.

При проявлении первые 30 с спираль вращают непрерывно, а затем по 5 с через каждую минуту. Рабочие растворы проявителя предназначены для однократного применения.

Если при долгом хранения запасные растворы потемнеют, их надо заменить.

С электронными импульсными лампами можно снимать и на цветные светочувствительные материалы для

дневного света. При этом следует увеличивать полученную соответственно чувствительности экспозицию на одну ступень. Чтобы избежать синеватого тона изображения, желательно использовать ультрафиолетовый светофильтр УФ-4х.

Ведущее число электронной лампы-вышки только тогда соответствует номинальному значению, когда напряжение батареи питания имеет номинальную величину. Поэтому, например, напряжение батареи «Молния» надо время от времени замерять. Делается это так: к клеммам

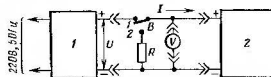


Рис. 25. Схема для измерения и заряда батареи питания заземленных вышек. 1 — выжиматель, 2 — батарея «Молния» 530—580 В (1250); U — рабочее напряжение выжимателя (480—400 В); R — резистор нагрузки (6—10 Ом); V — вольтметр постоянного тока с пределом измерения до 400—500 В; I — ток заряда (5—10 мА)

батарей подключают вольтметр и резистор примерно 6—7 кОм (рис. 25). Если напряжение батареи снизилось до 275—250 В, нужно ее подзарядить. Если напряжение батареи ниже 240 В, то ее восстановить скорее всего не удастся. В случае уменьшения напряжения, например, в 1,4 раза освещенность объекта снизится в $(1,4)^2 = 2$ раза, то есть недодежка изображения неизбежна.

Для зарядки необходим выпрямитель, обеспечивающий напряжение 380—400 В и силу тока до 10 мА. Для контроля напряжения ключевой переключатель В (см. рис. 25) переключают на несколько секунд из положения 1 в положение 2. Непосредственно после использования батареи необходимо подзарядить. Продолжительность зарядки для полного восстановления напряжения — 6—8 ч.

Электронные вышки с универсальным питанием необходимо перед съемкой на полчаса включать в сеть под напряжение для формирования конденсатора. Этим удлиняется срок службы батарей и конденсаторов. Следует учесть, что электронную вышку необходимо регулярно, по крайней мере раз в месяц, включать в сеть для формирования конденсатора (примерно на полчаса).

§ 9. Определение экспозиции при ночной съемке

Для определения экспозиции при ночной съемке можно воспользоваться диаграммой Л. Адельберга. Этот метод, конечно, очень приблизительный и может служить только ориентиром. Рассмотрим изображенную на рис. 26 диаграмму. Пусть объектом съемки являются хорошо освещенные здания; светочувствительность пленки 130 ед.

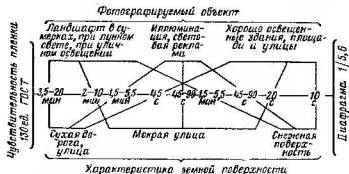


Рис. 26. Диаграмма для приблизительного определения экспозиции при ночной съемке

ГОСТ; относительное отверстие 1/5,6; поверхность земли сухая. Проводя линию от правого верхнего участка до нижнего левого, пересекаем среднюю линию в месте, обозначенном «45 с», — это и есть ответ. Так же поступают и в других условиях.

Пример. Зимой для ночной съемки в Талдыне использовали пленку NP27 (350 ед. ГОСТ); относительное отверстие составляло 1/5,6. Получили удовлетворительные результаты при следующих условиях и выдержках:

- а) сильноосвещенные объекты 1/10—1/2 с
- б) среднеосвещенные объекты 1—4 с
- в) слабоосвещенные объекты 6—18 с

Фотопленку проявляли стандартно.

Для того чтобы при ночной съемке получать удовлетворительные снимки, фотолобитель должен много экспериментировать, записывать условия съемки и экспозицию и анализировать результаты. Только тогда можно найти оптимальную экспозицию.

§ 10. Зональная система

Познакомившись в предыдущих главах с методами определения экспозиции, читатель заметит, что введение поправок (см. табл. 18) из-за отсутствия удобной системы очень трудоемко. К тому же удерживать в памяти содержащиеся таблиц практически невозможно. Работа же с экспонометром без поправок ведет к возникновению нежелательных отклонений экспозиции. Так, если измерить экспонометром освещенность черного и белого объектов, то полученные в результате негативы будут в обоих случаях одинаково серыми. Неужели неправильно измерено?

Нет, измеряли правильно, только к результатам измерений нужно по-разному отнестись — следует внести соответствующие поправки.

В иностранной литературе описывается очень простая и универсальная система введения поправок, так называемая зональная система. Эта система связывает объект съемки с конечным продуктом фотографирования — снимком, давая возможность по яркости объекта делать поправки к экспозиции. Разработано несколько вариантов системы, из которых далее рассматривается один, наиболее подходящий для отечественных негативных материалов.

Хотя в табл. 18 приведен обширный материал, он не дает возможности выразить свое авторское видение объекта съемки. Представленная же ниже система проста, универсальна, по силам любому фотолобителью, а также позволяет напомнить фотоизображение соответственно своему вкусу.

Зональная система до сих пор в отечественной литературе не освещалась. Для ее понимания следует четко разобраться в зависимости между оптической плотностью негатива и величиной экспозиции.

Основные сенситометрические * понятия представлены в табл. 24. Хотя подобные таблицы имеются во многих фотографических изданиях, она необходима для ознакомления с представленным материалом.

При чрезвычайно малых экспозициях негативное изображение на пленке не образуется. После проявления на всем поле изображения оптическая плотность негатива не превышает плотности вуала D_0 . Негативное изображе-

* Фотографическая сенситометрия — метод оценки фотографических свойств светочувствительных материалов.

ние не возникает также при очень больших экспозициях — негатив получается полностью темным, оптическая плотность очень велика. Негативное изображение возникает только в сравнительно небольшом диапазоне экспозиции, когда ее величина пропорциональна плотности изображения, как это показано на рис. 27.

В зависимости от яркости объекты или их отдельные участки можно подразделить на очень темные, темные,



Рис. 27. Зависимость оптической плотности от экспозиции: а — слабоосвещенные чистые поверхности; б — среднее освещенные или более темные поверхности; в — сильно освещенные или системные поверхности; г — очень сильно освещенные или очень светлые поверхности.

светлые и очень светлые. Поскольку во время съемки в поле зрения объектива попадают участки с различной яркостью, то эти участки вызывают на пленке разные величины экспозиции, которые будут соответствовать участкам а, б, в или г на рис. 27.

Следовательно, при правильно выбранной экспозиции, пленка приобретает соответствующую оптическую плотность: малую, среднюю, большую и очень большую.

Для усиления свойств фотоматериалов необходимо ознакомиться с величинами, представленными на рис. 28.

Разность экспозиций

$$\lg H_2 - \lg H_1 = L$$

характеризует фотографическую широту материала L . На характеристической кривой, приведенной на рис. 28, она представляет разность абсцисс точек В и С, ограничивающих прямолинейный участок.

Для пленок ФОТО-32, ФОТО-65, ФОТО-130 и ФОТО-250 фотографическая широта L в логарифмических ед-

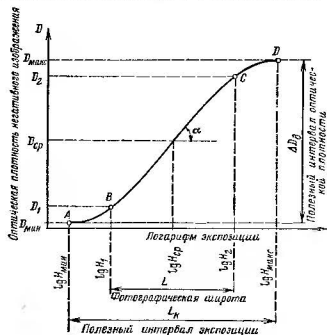


Рис. 28. Некоторые светотехнические величины негативных материалов

ницах составляет приблизительно 1,5, а, как известно из математики, $\lg 32 = 1,5$. При изменении диафрагмы или выдержки на одну ступень экспозиция изменяется в два раза, а $2^5 = 32$. Следовательно, можем сделать вывод, что фотографическая широта отечественных пленок охватывает пять ступеней диафрагмы или выдержки. Другими словами, для пленок типа «ФОТО» максимальная и минимальная экспозиции, соответствующие точкам В и С на рис. 28, падают в отношении 32 : 1.

Но в практике фотографии представляет интерес не только фотографическая широта материала L , где характеристическая кривая образует линейный участок, но и полезный интервал экспозиций L_k , то есть участок кривой, где еще различима зависимость оптической плотности от количества воздействовавшей световой энергии. На рис. 28 — это разность абсцисс точек A и D .

Иными словами, L_k характеризует максимальную возможность светочувствительного материала передавать световую градацию снимаемого объекта. Как видно из рис. 28, полезный интервал экспозиций значительно больше фотографической широты материала.

Данные о величине полезного интервала экспозиции обыкновенно не публикуются, но для большинства негативных материалов он превышает фотографическую широту на две степени экспозиции. Таким образом, для пленок типа «ФОТО» полезный интервал, выраженный в степенях диафрагмы или выдержки, охватывает семь ступеней, а $2^7=128$. Следовательно, максимальная и минимальная экспозиции относятся как $128:1$.

Описываемая далее зональная система основана на использовании полезного интервала фотоматериалов.

Как отмечалось во втором параграфе, коэффициент контрастности γ равен тангенсу угла наклона средней прямой линейной части характеристической кривой:

$$\gamma = \operatorname{tg} \alpha.$$

В литературе для характеристики негативных материалов часто используется понятие градиента (крутизны) характеристической кривой g , который представляет собой тангенс угла наклона касательной к характеристической кривой в некоторой точке B (рис. 29):

$$g = \operatorname{tg} \delta.$$

Средний градиент (крутизна) характеристической кривой от точки A до точки C на рис. 29 выражается, как

$$\bar{g} = \frac{\Delta D}{L_k} = \operatorname{tg} \beta,$$

где $\Delta D = D_{\text{макс}} - D_{\text{мин}}$ — полезный интервал оптической плотности.

Тогда интервал оптической плотности конкретного кадра равен $\Delta D_k = D_2 - D_1$ (рис. 30).

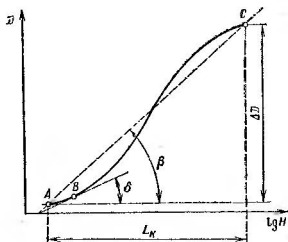


Рис. 29. К понятию крутизны характеристической кривой или градиента

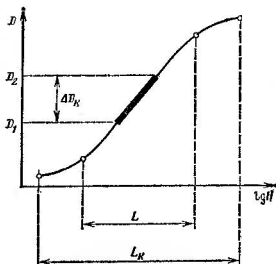


Рис. 30. К понятию интервала оптической плотности кадра $\Delta D_K = D_K - D_L$

Расположение различных зон яркости объекта на характеристической кривой

На рис. 27 представлена зависимость оптической плотности от величины экспозиции. Рассмотрим это на рис. 31. Из него видно, что поверхность объекта, обладающая определенной яркостью (например, B_1), образует на поверхности негатива участок с освещенностью $E_1^{об}$, которая действует в течение времени t_0 (время экспозиции по всему кадру одно и то же), производя экспозицию H_1 . При этом негатив в этом месте проявляния приобретает оптическую плотность D_1 . Таким образом, можно представить, в какой части характеристической кривой окажется зона кадра с определенной яркостью.

Выше отмечалось, что полезный интервал пленок типа «ФОТО» составляет $2^7 : 1$, или семь ступеней. Создатели системы назвали эти ступени зонами. Экспозицию в этом интервале, а тем самым и яркость частей объекта, можно разделить на семь зон. Таким образом, экспозиция в каждой следующей зоне в два раза больше (или меньше), чем в предыдущей.

Создать эту систему удалось, разделив обширную палитру различных тонов на семь групп, которые с точки зрения экспозиции составляют простую зависимость. Так же, например, поступают и в науке о цветах, разделяя весь спектр только на семь цветов — красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый. Этого оказывается достаточно для практики.

Объясняя зональную систему, рассмотрим вначале случай, когда интервал яркостей снимаемого объекта I_0 не превышает семь ступеней, или, иначе, $2^7 : 1 = 128 : 1$.

$$I_0 = \frac{B_{\text{макс}}^{об}}{B_{\text{мин}}^{об}} \leq 128 : 1.$$

Этот интервал соответствует полезному интервалу пленки. Используя при печати бумагу нормальной градации, получим позитив с той же передачей тональности. Таким образом, как для различных по тональности участков объекта, так и для позитива можем применить один и те же конкретные наименования градаций тональности (табл. 23). Разделим характеристическую кривую (рис. 32) на семь зон. Из табл. 8 известно, что поверхность, по которой определяется экспозиция, получает на негативе

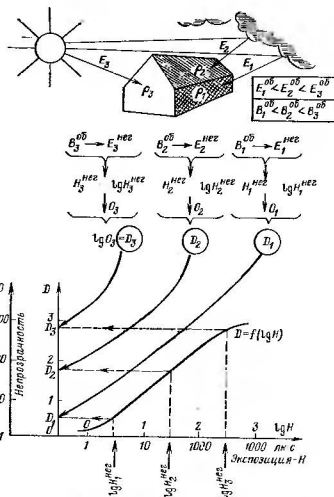
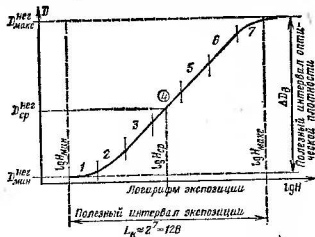


Рис. 31. Яркость детали объекта $B_{об}^{об}$ равна произведению коэффициента отражения $\rho_{об}^{об}$ на освещенность $E_{об}^{об}$. $B_{об}^{об} = \rho_{об}^{об} \cdot E_{об}^{об}$ (кд/м²). Отраженный от детали свет, проходя через объектив, образует на поверхности пленки в точке изображения освещенность $E_{п}^{neg}$ (лк), вызывая экспозицию $H_{п}^{neg} = E_{п}^{neg} \cdot t_0$ (лк с), где t_0 — время экспозиции (с). После прохождения пленки в любой точке увеличивается неравномерность, она достигнет величины $D_{п}$, которой соответствует оптическая плотность $D_{п}$.

среднюю оптическую плотность, а на позитиве при правильно выбранной экспозиции — среднесерый тон. Если при съемке производить замер экспозиции по поверхности, имеющей среднесерый тон (например, кожа лица),



Зона N	1	2	3	4	5	6	7
Поправка экспозиции	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Тональность стандартных поверхностей позитивного изображения	Черная без фактуры	Черная с фактурой	Темно-серая	Средне-серая	Светло-серая	Белая с фактурой	Белая без фактуры

Примечание: поправки экспозиции даны в секундах, выдержки

Рис. 32 Характеристики поверхностей, соответствующих различным зонам шкалы системы, поправки и расширение зон на характеристической кривой

то результаты измерения можно использовать без введения поправок. Если же определение экспозиции производится по поверхностям других тональностей (более светлых или темных), то введение поправок необходимо. Иначе на позитиве эти поверхности будут иметь средне-

серый тон, не соответствующий зрительному восприятию объекта. Поправки приведены в таблице на рис. 32.

Например, если экспозиция определяется по темно-серой поверхности объекта, то для получения темно-серого тона этой поверхности и на позитиве необходимо уменьшить результат измерения экспозиции на одну ступень (например, вместо диафрагмы 1/5,6 установить 1/8). В таблице на рис. 32 поправка для получения темно-серого тона составляет -1. Пикнуть таким образом следует для того, чтобы действительно среднесерый участок объекта съемки имел бы на негативе среднюю оптическую плотность, что даст на позитиве среднесерую тональность. Из рис. 32 ясно видно, что темно-серый тон по сравнению со среднесерым должен получить на одну ступень (в два раза) меньшую экспозицию. Причем все другие тона объекта съемки получат соответствующую им экспозицию и не выйдут за пределы полезного интервала характеристической кривой.

Пример. На столе стоит черный телефонный аппарат, который является основным объектом в кадре. Замерим отраженный от него свет. Каким же мы хотим видеть телефон на позитиве? Очевидно, в зоне 2, то есть черным с фактурой. Из таблицы находим поправку - 2. Таким образом, нужно на два деления ($2^2=4$ раза) уменьшить выдержку или диафрагму или на одно деление выдержку и на одно деление диафрагму (это выбирается соответственно пожеланиям фотографа относительно глубины резкости и продолжительности выдержки). Остальные поверхности на снимке примут соответствующие действительности тональности.

При замере экспозиции по светлым поверхностям, как видно из рис. 32, поправка имеет положительный знак +, то есть экспозицию следует увеличивать.

На характеристической кривой негатива светлые поверхности расположены правее среднесерого тона.

В случае, приведенном в начале параграфа, с черным и белым объектом (например, черная и белая конки) следовало бы поступить следующим образом.

Если измерение производится по черной конке, следует уменьшить экспозицию на две ступени («черная с фактурой»), а если по белой — увеличить на две ступени («белая с фактурой»). В обоих случаях получим, грубо говоря, одинаковые результаты, и обе конки на позитиве будут иметь правильную тональность.

Если интервал яркости объекта съемки значительно превышает полезный интервал экспозиции негативного материала, например,

$$I_0 = B_{\text{макс}}^{\text{об}} : B_{\text{мин}}^{\text{об}} \gg 128:1,$$

то нельзя снимать с экспозицией, измеренной по освещенности, так как многие темные или затененные поверхности сольются и будут прозрачными на негативе и однородно черными на позитиве.

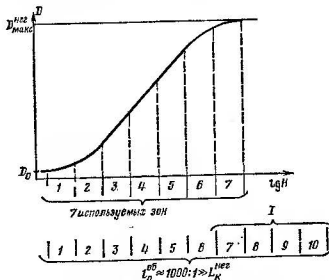


Рис. 33 Пример использования более темной части объекта для получения негативного изображения. Сильно освещенные части объекта (I) на негативе будут однородно черными, а на позитиве не проработанными, однородно белыми без фактуры.

В свою очередь сильно освещенные или белые объекты с фактурой на негативе будут однородно черными, а на позитиве белыми. Как видим, в этом случае пользоваться средней экспозицией недопустимо. Фотограф должен четко понимать, какую часть объекта он считает наиболее важной для снимка и примет за основу при определении экспозиции (хорошо или плохо освещенную, темную или светлую). Тогда в этой области выбирается более важная поверхность, по ней замеряется экспозиция, решается, в какой тональности автор хочет эту поверхность изобразить, и соответственно этому вводится поправка.

Например, если интервал яркости объекта составляет десять ступеней или десять зоп ($2^{10}=1024$), то

$$I_0 = B_{\text{макс}}^{\text{об}} : B_{\text{мин}}^{\text{об}} \approx 1000:1.$$

Самая существенная часть объекта находится в темной области (рис. 33), и по яркости замерена экспозиция. Тогда, вследствие большого интервала яркостей объекта, его более светлые части на негативе будут однородно темными, а на позитиве белыми без фактуры. Чтобы

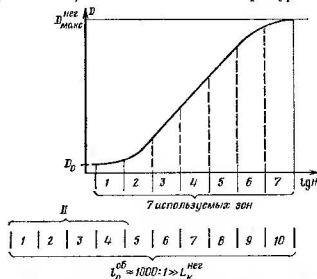


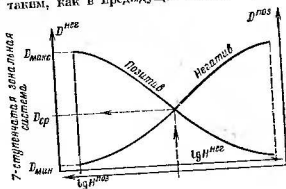
Рис. 34. Пример использования средней системы для получения негатива. Освещенный светлой частью объекта. Поверхность негатива, освещенная темной частью объекта (II) становится однородно прозрачной, а на позитиве проработает однородно черную без фактуры тональностью.

такая поверхность не мешала зрительно, надо постараться свести к минимуму величины этих поверхностей в кадре. Если более важными оказались светлые поверхности (рис. 34), то поступают наоборот: измеряют по яркости производят по наиболее важной светлой поверхности, после чего вводят поправку для получения необходимой тональности данной поверхности на позитиве.

Интервал яркости объекта измеряют при помощи экспонометра следующим образом:

1) определяют выдержку и диафрагму по яркости (по отраженному свету) наиболее темной поверхности объекта;

2) определяют выдержку в диафрагму по яркости наиболее светлой поверхности объекта, при этом один из параметров экспозиции (выдержка или диафрагма) выбирают таким, как в предыдущем измерении;



Зона N	1	2	3	4	5	6	7
Тональность отдельных зон позитива	Черная без фактуры	Черная с фактурой	Темно-серая	Средне-серая	Светло-серая	Белая с фактурой	Белая без фактуры
Поправка экспозиции в ступенях	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3

Рис. 35. Таблица для определения поправок по семиступенчатой зональной системе

3) по шкале экспонометра определяют число ступеней, на котором изменился второй параметр экспозиции. Таким образом и находят интервал яркостей в зонах или ступенях, знание которого необходимо для применения данной системы.

Зональная система является очень оперативным методом введения поправок при черно-белой фотографии. В ходе практики поправки быстро запоминаются, но все же начинающим фотографам желательно иметь во время съемки при себе небольшую табличку, передняя сторона которой представлена на рис. 36. Для правильного под-

m	0	1	2	3	4	5	6
2^m	1	2	4	8	16	32	64
$\lg 2^m$	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,81

m	7	8	9	10	11	12	13
2^m	128	256	512	1024	2048	4096	8192
$\lg 2^m$	2,11	2,41	2,71	3,01	3,31	3,61	3,91

Рис. 36. Обратная сторона таблицы поправок

счета интервала яркостей используемого негативного материала и правильного соотношения экспозиции на обратную сторону таблицы вносят значения числа 2, возведенного в целые степени и их десятичные логарифмы (рис. 36).

Настоящая система также дает возможность сдвигать изображение на определенное количество зон исходя из художественных намерений автора, то есть сделать изображение темнее или светлее, чтобы нужная поверхность приобрела необходимую тональность, и делать это путем точной коррекции экспозиции. Для этого следует измерить яркость данной поверхности и ввести поправку для получения необходимой тональности. Конечно, измерять надо исправным экспонометром и правильно.

В заключение следует напомнить, что, производя описанным выше способом коррекцию, не следует забывать об увеличении экспозиции при использовании светофильтров, сильным выдвигании объектива при макросъемке, при чрезвычайно короткой или длинной выдержке (коэффициент Шварцшльда) или вводит поправки к показаниям экспонометра, например «Свердловск-4», связанные с различием цветовой температуры источника света. Надо учитывать также возможные изменения чувствитель-

пости в контрастности, а следовательно, и используемого интервала негативного материала, возникающие при химической обработке. Только тогда можно точно определить оптимальную величину экспозиции*.

§ 11. Советы при выборе и эксплуатации экспонометров

Покупая электрический экспонометр, надо следить за тем, чтобы диски калькуляторов хорошо поворачивались и чтобы при попадании света на сенсоровый элемент или фоторезистор стрелка отклонялась (за исключением экспонометров «Свердловск-2» и «Свердловск-4»).

Если плано поворачивать измерительное отверстие экспонометра к источнику света, то будет изменяться величина падающего светового потока. При этом показание экспонометра тоже должно плано изменяться. Качественное изображение показаний указывает на дефект кообразное изменение показаний указывает на дефект стрелочной системы.

Включив в направив экспонометр «Свердловск-2» или «Свердловск-4» на какую-нибудь освещенную поверхность, поворачивают диск, проверяя тем самым возможность зажигания и погашения оптического индикатора.

Показания приобретаемого экспонометра желательно сравнить с показаниями заводского исправного прибора, установленного в тех же условиях освещения. Эту операцию надо повторять и в ходе эксплуатации экспонометра.

Электрические экспонометры следует беречь от удара в пыли. Строго запрещено измерительное отверстие, не закрытое молочной насадкой, направлять на сильные источники света, так как это может полностью вывести из строя оптический датчик (сенсоровый элемент).

* От переводчика. Разработаны также аналитические системы для цветной фотографии, особенно для съемки на обращаемую пленку, учитывая, что поляры интервала экспозиции для этих материалов значительно уже, зоны в этом случае соответствуют половине или трети ступени экспозиции. При этом приходится учитывать и то, что светочувствительные элементы экспонометров неодинаково то, что светочувствительных элементов современных автоматизированных систем много. Многие современные автоматизированные и полуполупроводниковые фотоаппараты дают фотографию с возможностью вводить поправки в экспозицию на $\pm 0,5$, $\pm 1,0$ и $\pm 1,5$ ступени.

При съемке экспонометр надо вешать на шею, чтобы избежать его падения. После измерения прибор надо сразу закрывать чехлом для предохранения от механических повреждений и сильного света.

Особенно чувствительны к сотрясению экспонометры, имеющие стрелочную систему, например типа «Ленинград». В промежутках между съемкой желательно держать экспонометр в кармане.

Надо помнить, что неправильная экспозиция не только результат неумелого измерения, но и результат измерения неисправным экспонометром.

§ 12. Сенситометрия при помощи экспонометра

Существующим стандартом допускаются значительные отклонения реальной светочувствительности пленки от обозначенной на их упаковке. Светочувствительность меняется к тому же в зависимости от времени и условий хранения, а также режима проявления материалов. Все это может явиться причиной передержек или недодержек.

При съемке желательно знать истинную чувствительность пленки, которая соответствует в единицах ГОСТ чувствительности, нанесенной на шкале конкретного экспонометра, иными словами, необходимо «связать» сенситометрические показатели светочувствительного материала с показаниями личного экспонометра. Это возможно путем оценки средней оптической плотности негатива.

Вследствие различной чувствительности светочувствительных элементов и неточности регулировки экспонометров значения, представленные на шкале чувствительности, могут не совпадать с эталонной шкалой светочувствительности.

Другим показателем, влияющим на качество изображения, является коэффициент контрастности, который в случае конкретного типа пленки и проявления зависит еще от времени и температуры проявления. Таким образом, путем определения оптических плотностей тест-кадров и расчетов по ним коэффициента контрастности, можно подобрать значения времени проявления t_p для коррекции своей дальнейшей работы.

Вследствие различных причин может возникнуть также повышенная вуаль негативного изображения, ухуд-

Прикрыв измерительный элемент исследуемым тест-кадром, увидим, что значок 5,6 отстоит на $\frac{2}{3}$ деления вправо от выдержки $\frac{1}{50}$ с. Значит, показание прибора изменилось на $2\frac{2}{3}$ ступени, $\Delta L_e = 2\frac{2}{3}$. По таблице находим, что световой поток уменьшился в 6,4 раза, десятичный логарифм этого числа составляет 0,8 — значит, оптическая плотность тест-кадра равна $D=0,8$.

При измерении надо следить, чтобы свет в прибор попадал только спереди. Свет, попадающий со стороны на пленку, может вызвать дополнительную погрешность измерения.

Если экспозометр достаточно точен, то по средней оптической плотности можно найти отличие реальной чувствительности материала от ее номинального значения. Так как измерительный прибор имеет свою систематическую погрешность, то полученные результаты применимы только для установки на своем собственном экспозометре. Таким образом и производится «связывание» светочувствительности пленки с показаниями прибора.

Если оптическая плотность кадра B окажется, например, вместо 0,9 равной 1,2, то значит, что реальная чувствительность больше, чем установлено на шкале экспозометра. По разности оптических плотностей ($\Delta D=1,2-0,9=0,3$) из табл. 27 находим, что экспозиция была в два раза (антилогарифм от 0,3) больше, чем надо. Значит, реальная чувствительность на экспозометре надо установить в 2 раза больше. Например, вместо установленной чувствительности 65 ед. ГОСТ, надо установить 130 ед. ГОСТ.

Коэффициент контрастности определяется как тангенс угла наклона средней части характеристической кривой $\gamma_{\text{ср}} = \text{tg} \alpha$. Тангенс угла наклона определяется по оптическим плотностям тест-кадров A и C — D_A и D_C :

$$\gamma_{\text{ср}} = \text{tg} \alpha = \frac{\text{изменение оптической плотности}}{\text{логарифм изменения экспозиции}} = \frac{\Delta D}{\Delta \lg H}.$$

Тест-кадр A экспонируется по сравнению с кадром B в 4 раза меньше, а тест-кадр C в 4 раза больше. Следовательно, экспозиция кадра A в $4 \times 4 = 16$ раз меньше, чем кадра C . Отсюда логарифм изменения экспозиции равен

$$\Delta \lg H = \lg \frac{H_C}{H_A} = \lg H_C - \lg H_A = \lg 16 = 1,2.$$

Таким образом, коэффициент контрастности составляет

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{\Delta D}{\Delta \lg H} = \frac{D_C - D_A}{\lg H_C - \lg H_A} = \frac{D_C - D_A}{1,2} \approx 0,83 (D_C - D_A).$$

Учитывая возможные размеры изгибов характеристической кривой, желательно было бы для определения $\gamma_{\text{ср}}$ изменять экспозицию не на ± 2 , а на $\pm 1,5$ ступени, но это может вызвать трудности, так как не на всех фотообъективах можно изменять показатель диафрагмы на 0,5 ступени. При изменении же экспозиции только на ± 1 ступень точки A и C расположатся слишком близко, что повлияет на точность измерения.

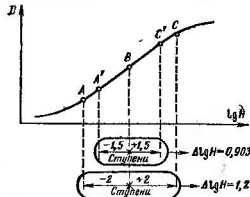


Рис. 3б. Значения $\Delta \lg H$, если разницы по сравнению со средней экспозицией тест-кадра выbralи $\pm 1,5$ или ± 2 ступени

При наличии объектива с возможностью изменения диафрагмы на полступени, можно производить определение $\gamma_{\text{ср}}$ и по тест-кадрам, отличающимся от среднеэкспонированного кадра на $\pm 1,5$ ступени. В таком случае логарифм изменения экспозиции составит 0,903 и коэффициент контрастности будет равен

$$\gamma_{\text{ср}} (\pm 1,5) = \frac{D_C - D_A}{0,903} \approx 1,11 (D_C - D_A).$$

Для черно-белых фотографий $\gamma_{\text{ср}}$ должен находиться в пределах 0,8...0,6; для съемки очень контрастных объектов может быть даже еще меньше, около 0,5. Для изменения $\gamma_{\text{ср}}$ следует изменять время проявления. С увеличением времени проявления увеличивается коэффициент контрастности. С увеличением времени проявления растет также средняя оптическая плотность негатива и соответст-

вено этому светочувствительности (рис. 40), а также увеличивается вуаль (см. рис. 4).

Оптическая плотность вуали определяется также как и тест-кадров D_A , D_B и D_C по неэкспонированному участку проявленной фотопленки. Считается, что плотность вуали не должна превышать $D_0 \leq (0,05...0,2)$, то есть по экспонометру изменение показаний при измерениях не должно превышать $1/6...2/3$ ступени. В табл. 28 даются допустимые пределы оптической плотности вуали. При использовании выравнивающего проявителя эти величины могут быть несколько больше.

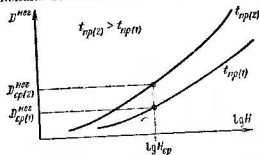


Рис. 40. Увеличение крутизны характеристической кривой в средней оптической плотности вуали при увеличении времени проявления пленки

Для коррекции параметров негативного изображения можно исходить из следующих приблизительных соотношений:

увеличение времени проявления в выравнивающем проявителе на одну четверть (в 1,25 раза) вызывает увеличение коэффициента контрастности на 0,1 и увеличение $D_{гр}^{нec}$ в $1,25^2 = 1,56$ раза.

Если при этом нужно увеличить контрастность, а среднюю оптическую плотность кадра оставить без изменений, то следует считать чувствительность пленки с 1,5 раза выше (например, вместо 130 ед. ГОСТ установить на экспонометре 180 ед. ГОСТ). Приведенные соотношения являются только ориентировочными и зависят от типа пленки и проявителя. Пылливый фотодобитель путем измерений может и здесь внести уточнения.

Такая методика позволяет объективно оценивать негативное изображение. Определенные параметры необходимо, когда фотограф начинает использовать новый вид пленки или новый рецепт проявителя.

Таблица 1

Ориентировочные интервалы яркостей некоторых объектов при черно-белой съемке

Объект съемки	Интервалы яркостей		
	прифотометрическое отношение	величина отношения в десятичных логарифмах	в ступенях экспозиции
1	2	3	4
Открытый осенний пейзаж в тумане	2:1—3:1	0,3—0,5	1—1,6
Улицы и ландшафт без переднего плана летом при пасмурной погоде	5:1—10:1	0,7—1,0	2,3—3,3
То же при солнечной погоде	10:1—30:1	1,0—1,5	3,3—4,9
Открытый пейзаж при контровом освещении	20:1—40:1	1,3—1,6	4,3—5,3
Летний или зимний солнечный пейзаж со светлым передним планом при фронтальном освещении	20:1—60:1	1,3—1,8	4,3—5,9
Летний солнечный пейзаж с темным передним планом	100:1—300:1	2,0—2,5	6,6—8,2
Зимний пейзаж с темным средним планом при солнечной погоде	300:1—400:1	2,5—2,6	8,2—8,6
Пейзаж с очень темным передним планом на фоне белых облаков	300:1—1000:1	2,5—3,0	8,2—10
Темно здания на фоне неба	100:1—200:1	2,0—2,3	6,6—7,6
Светлые здания на фоне неба	3:1—40:1	0,5—1,0	1,6—3,3
Узкие улицы в тени с односторонним освещением	100:1—500:1	2,0—2,7	6,6—9

Продолжение табл. 1

1	2	3	4
Темные пролеты, арки ворот на освещенном солнцем фоне	1000:1—40 000:1	3,0—4,0	40—13,3
Люди на солнце в зависимости от цвета одежды и направления света	20:1—300:1	1,3—2,5	4,3—8,2
Люди при пасмурной погоде	40:1—60:1	1,0—1,8	3,3—5,9
Лыжники на фоне снега	8:1—40:1	0,9—1,0	3,0—3,3
Человек со светлыми волосами на фоне пейзажа при солнечном освещении	40:1—12:1	1,0—1,08	3,3—3,6
Человек с темными волосами на фоне пейзажа при солнечном освещении	20:1—400:1	1,3—2,0	4,3—6,6
Интерьер светлой комнаты без окон в кадре	8:1—42:1	0,9—1,08	3,0—3,6
Интерьер светлой комнаты против окон без подсветки	400:1—500:1	2,0—2,7	6,6—9
Интерьер темной комнаты против окон без подсветки	до 400 000:1	до 5,0	до 16,6
Светло окрашенные машины	40:1—400:1	1,6—2,0	5,3—6,6
Темно окрашенные машины с полированными частями	100:1—40 000:1	2,0—4,0	6,6—13,3
Рисунки полутонные	4,0:1—5:1	0,6—0,7	2,0—2,3
Рисунки тушью на белой бумаге	40:1—50:1	1,6—1,7	5,3—5,6
Примечание. Черно-белая фотошпленка «ФЮТ» имеет фотографическую широту 1,3, она в состоянии передать без искажений интервал яркостей	<32:1	<1,5	<3

Таблица 2

Классификация объектов по интервалу яркостей (числовые значения округлены)

Характеристика контрастности объекта	Интервал яркостей объекта			
	в логарифмических значениях		в кратности (раз)	в степенях вычисления (по отношению к открытому или выдержке)
	согласно контрастности объекта	средних значений		
Особо малоконтрастный	0,3—0,5	0,4	2,5	1,3
Малоконтрастный	0,6—0,9	0,75	5,6	2,5
С нормальной контрастностью	1,0—1,5	1,25	17,7	4,2
Контрастный	1,6—2,0	1,8	63	6,0
Очень контрастный	2,2—3,0	2,6	400	8,6
Особоконтрастный	≥4,0	≥4,0	≥40 000	≥13,3

Таблица 3

Приближенные соотношения чисел светочувствительности

Единицы ГОСТ	11	16	22	32	45
ДИН	12—13	14	15—16	17	18—19
ASA	12—16	20	25—32	40	50—64

Продолжение табл. 3

Единицы ГОСТ	65	90	130	180	250
ДИН	20	21—22	23	24—25	26
ASA	80	100—120	160	200—250	320

Таблица 4

Приближенный метод оценки качества негатива
(рассматривается негативное изображение объекта с большим
интервалом яркостей)

Характерный объект	Средняя яркость поверхности объекта	Характеристика негативного изображения	Приближенный метод оценки оптической плотности негативного изображения
Снег и т. п.	Светлая поверхность (коэффициент отражения $\rho \approx 0,9$), выскочка и более темные оттенки	Изображение темное ($D \approx 1,8-2$), на сильно освещенных местах выделяются детали	Негатив изотропно прижимает к газете, газетный текст через негатив должен быть еще виден
Кожа лица, рук и т. п.	Поверхность со средней яркостью ($\rho \approx 0,3$), имеются и темные оттенки и светлые пятна	Изображение среднесерое (оптическая плотность $D \approx 0,3-0,9$), выделяются более светлые и темные детали	Негатив плотно прижимает к газете, газетный текст через негатив должен свободно читаться
В темноте, темная поверхность, земля, здания и т. п.	Темная поверхность, даже черная ($\rho < 0,04$), имеются высветления	Изображение светлое (прозрачное $D \approx 0,2-0,4$), в темноте выделяются детали	Негатив на краях и между кадрами должен быть без вуали, прозрачным, без серого тона

Примечание. Рабочее место для контроля негатива освещается обыкновенной настольной лампой.

Таблица 5

Коэффициенты отражения некоторых поверхностей

Характеристика отражающей поверхности	Коэффициент отражения, ρ
Поверхность фотобумаги, свежий снег	0,95—0,90
Белая бумага	0,85—0,75
Белая краска	0,80—0,50
Белый текстильный материал	0,70—0,50
Загорелое лицо бледного человека	0,65—0,30
Незагорелое лицо бледного человека	0,40—0,20
Незагорелое лицо темного человека	0,15—0,05
Темные и черные ткани	0,10—0,03

Таблица 6

Технические данные некоторых негативных фотопленок

Фотоматериал	Тип	Проявитель	Предполагаемая продолжительность проявки, мин	Урек	S_{rel}	N , мм ⁻¹
Фотопленка	ФОТО-32	Стандартный № 2	7	0,8	32	150
То же	ФОТО-65	То же	6	0,8	65	110
То же	ФОТО-130	То же	11	0,8	250	105
То же	ФОТО-250	То же	11	0,8	500	70
Негативная кинопленка	КН-1	То же	6	0,65	16	130
То же	КН-2	То же	5	0,65	32	130
То же	КН-3	То же	5	0,65	90	105
Фототехническая пленка	Микрат-300	Стандартный № 1	1,5	2,0	5,5	470
То же	Микрат-300	То же	2,5	3,0	41	290

Обозначения:

Урек — значение коэффициента контрастности, до которого рекомендуется проэктировать пленку;

S_{rel} — чувствительность пленки;

N — разрешающая способность негативного материала, линии на 1 мм, сокращенно л/мм⁻¹.

Таблица 7

Освещенность земной поверхности при различной высоте солнца (в люксах)

Высота солнца над горизонтом, град	Освещенность в безоблачный день, лк			Освещенность при высоких кучевых облаках, лк			Освещенность при сплошных облаках (пасмурная погода), лк
	на солнце	в тени	отношение освещенности	на солнце	в тени	отношение освещенности	
10	9 000	4 000	2,2	11 000	6 000	1,8	3 000
20	23 000	7 000	3,3	31 000	15 000	2,1	6 000
30	39 000	9 000	4,3	54 000	24 000	2,3	9 000
40	58 000	12 000	4,8	76 000	30 000	2,5	12 000
50	76 000	14 000	5,4	96 000	34 000	2,8	15 000

Описание мето

	Метод измерения	Молочная насая	Положение экспонометра
Определение освещенности объекта	Измерение освещенности объекта (падающего на объект света)	Нужна	Направлен от объекта и фотоаппарату. Если объект в фотоаппарат в одинаковых условиях освещенности, направить экспонометр в противоположном смысле направления
	Комбинированное измерение (см. § 3)	Не нужна	То же
Измерение яркости объекта — измерение отраженного светового потока	Интегральное (суммарное) измерение яркости	Не нужна	Экспонометр направляют от фотоаппарата на объект. Измеряется весь отраженный световой поток от поверхностей, попадающих в угол зрения. Показание прибора α пропорционально сумме произведений площадей отдельных поверхностей S_i на их яркости B_i: $\alpha \sim \sum_{i=1}^n S_i \cdot B_i$
	а) замер яркости совместно самой важной поверхности или детали	Не нужна	На расстоянии нескольких сантиметров от поверхности. При узком угле охвата («Ленинград-6», «Свердловск-2» и «Свердловск-4») можно и дальше

лов измерения

Поправка к полученному результату измерения	Примечание
Зависит от коэффициента отражения совместно самой важной поверхности. Если $\rho \leq 0,2$ (очень темная поверхность), увеличить экспозицию на 1—2 ступени. Если $\rho \geq 0,2$ (очень светлая поверхность), уменьшить экспозицию на 0,5—1,5 ступени (см. § 4, 5)	Универсальное, предпочтительно при съемке ватель, тары если интервал яркости объекта и фона велик; при съемке на цветные светочувствительные материалы (см. рис. 15—18)
Экспозицию увеличивают на 4 ступени (в 16 раз)	Для определения экспозиции при слабом освещении. Метод позволяет увеличить диапазон измерения
Если величина поверхности основного объекта незначительна и на фоне расположена большая светлая поверхность или яркий источник света, следует увеличить экспозицию на 1—2 ступени; если на фоне большая темная поверхность, то уменьшить на 1—2 ступени (см. табл. 18)	В сложных условиях съемки возможны ошибки. Используются при съемке неба и других объектов, когда нельзя производить измерения вблизи объекта съемки (см. рис. 14). Используются в большинстве фотоаппаратов с измерением по системе TTL
Поверхность, по которой измеряется экспозиция на негативе или диапозитиве, получается со средней оптической плотностью $D \approx 0,9$. Если поверхность должна иметь другую плотность, пользуются указаниями, данными в § 10	Универсальное. Применяется при съемке портретов, групп и т. д. Также при съемке темных объектов на цветные материалы

Таблица 8

Метод измерения	Модель насадки	Положение экспонометра
Измерение яркости объекта — измерение отраженного светового потока б) замер максимальной и минимальной яркостей	Не нужна	На расстоянии нескольких сантиметров от наиболее и наименее яркой поверхности делают два замера. При малом угле ослата «Ленинград-6», «Свердловск-2» и «Свердловск-4» можно и с большого расстояния

Примечания: 1. При съемке на цветные негативные и обратимые материалы, указанные величины поправки в ступенях экспозиции следует уменьшить в два-три раза или располагать экспонометр, как показано на рис. 15—18.
2. Среднее значение I двух замеров яркости экспонометрами I_1 и I_2 определяется или геометрическое среднее: $I = \sqrt{I_1 \cdot I_2}$.

Таблица 9

Ориентировочные значения яркости и освещенности, измеренные экспонометром «Ленинград-4»

I предел измерения			II предел измерения		
Деления шкалы экспонометра	Яркость, кд/м²	Освещенность, лк	Деления шкалы экспонометра	Яркость, кд/м²	Освещенность, лк
1	6	120	8	800	15 000
2	12	250	9	1 600	30 000
3	25	500	10	3 200	60 000
4	50	1 000	11	6 500	120 000
5	100	2 000	12	13 000	250 000
6	200	4 000	13	25 000	500 000
7	400	8 000	14	50 000	1 000 000
8	800	16 000			

Поправка к полученному результату измерения	Примечание
Если полученные значения экспонометра отличаются друг от друга более чем на 7 ступеней для черно-белого негативного материала и на 4—для цветного материала, используются средние величины. Если разность больше, то используется метод с введением поправки (см. § 10)	Используется при не слишком большом интервале яркостей. Если освещенная и затененная части объекта близки по сюжетной значимости

Таблица 10

Ориентировочные значения яркости и освещенности, измеренные экспонометром «Ленинград-6»

I предел измерения			II предел измерения		
Деления шкалы экспонометра	Яркость, кд/м²	Освещенность, лк	Деления шкалы экспонометра	Яркость, кд/м²	Освещенность, лк
1	0,05	1	11	50	1 000
2	0,1	2	12	100	2 000
3	0,2	4	13	200	4 000
4	0,4	8	14	400	8 000
5	0,8	16	15	800	16 000
6	1,6	32	16	1 600	32 000
7	3,2	65	17	3 200	65 000
8	6,5	130	18	6 500	130 000
9	13,0	250	19	13 000	250 000
10	25,0	500	20	25 000	500 000
11	50,0	1000			

Таблица 11

Номинальные значения яркости, измеренные
экспозиметром «Ленинград-10»

Деления шкалы экспозиметра	Яркость, кд/м² (ит)	
	Диапазон 4—74,5 кд/м²; применяется больша- я диафрагма; ограничитель света обозначен «▼»	Диапазон 132—24 000 кд/м²; применяется три- кратная диафрагма; ограничитель света обозначен «▼»
Отметка начала шкалы	4,1	132
1	5,8	186
2	11,6	372
3	23,2	745
4	46,5	1500
5	93,0	3000
6	186,0	6000
7	372,0	12 000
8	745,0	24 000

Примечания: 1. Значения яркости в основном измерены нормализованным источником света, цветовой температурой которого 4800 К согласно ГОСТ 18831-68 (фотометрические экспозиметры, методы испытаний). 2. Табл. 11 и 12 составлены на основании данных, полученных от заводского изготовителя.

Таблица 12

Номинальные значения освещенностей, измеренные
экспозиметром «Ленинград-10»

Деления шкалы экспозиметра	Диапазны освещенностей		
	Диапазон 1,5—250 лк; открытый фотозащитный экран	59—10 000 лк; расчетный из мольного экрана, обозначенный «▼»	2850—510 000 лк; расчетный из мольного экрана, обозначенный «▼»
Отметка нача- ла шкалы	1,5	89	2850
1	2	125	4000
2	4	250	8000
3	8	500	16 000
4	16	1000	32 000
5	32	2000	64 000
6	64	4000	128 000
7	125	8000	256 000
8	250	16 000	510 000

Таблица 13

Яркость объектов, измеренная экспозиметром «Свердловск-2»

Продолжительность экспозиции, с	Яркость объекта, кд/м²	Продолжитель- ность экспози- ции, с	Яркость объекта, кд/м²
30	0,2	1/15	100
15	0,4	1/30	200
8	0,8	1/60	400
4	1,6	1/125	800
2	3,2	1/250	1600
1	6,5	1/500	3200
1/2	13	1/1000	6500
1/4	25	1/2000	13000
1/8	50	1/4000	26000

Примечание. Устанавливают на калькулятор чувствительность 65 ед. ГОСТ—по выданию, соответствующей показателю диафрагмы 5,6, и на таблицы находят яркость поверхности объекта.

Таблица 14

Средняя яркость и освещенность, измеренные
экспозиметром «Свердловск-4»

Выдержка на пленке, с	Средняя яркость, кд/м² (ит)	Освещенность, лк
30	0,2	5
15	0,4	10
8	0,8	20
4	1,6	40
2	3,2	80
1	6,5	160
1/2	13	320
1/4	25	650
1/8	50	1300
1/15	100	2500
1/30	200	5000
1/60	400	10 000
1/125	800	20 000
1/250	1600	40 000
1/500	3200	82 000
1/1000	6500	164 000
1/2000	13 000	330 000

Примечание. Таблица составлена для источника света с цветовой температурой 4800 К при светочувствительности 65 ед. ГОСТ, диафрагма 5,6 и коррекция 0.

Технические данные фотоэлектрических экспонометров

Технические показатели	«Ленинград-4»	«Ленинград-6»	«Ленинград-10»	«Свердловск-2»	«Свердловск-4»
Диапазон измеряемых яркостей, кД/м^2 . Диапазон измеряемых освещенностей, лк	6—50 000 120 (при комбинированном методе 7,4) — 4 000 000	0,05—25 000 1—500 000	4,7—24 000 1,5—510 000	0,2—25 000 —	0,2—26 000 5—660 000
Шкала светочувствительностей в ед. ГОСТ, в ед. DIN	4—1000 6—30	4—2000 6—33	4—1000 6—30	1—2000 3—36	1—2000 3—36
Диапазон выдержек	4/1000—15 с	1/2000 с—2 ч	1/2000 с—2 ч	1/4000 с—30 мин	1/2000 с—2 ч
Шкала диафрагм	1/4,4—4/22	1/4,4—4/45	1/4,4—4/22	1/0,7—1/64	1/4—4/45
Угол восприятия, град	60—65	20	Около 180	20	20

Продолжение табл. 15

Технические показатели	«Ленинград-4»	«Ленинград-6»	«Ленинград-10»	«Свердловск-2»	«Свердловск-4»
Класс точности по ГОСТ 9857—68	—	Б	А	А	А
Источник питания	—	РЦ 53 (1,25В)	—	ЗРЦ-53 (3,75В)	ЗРЦ-53 или по 3 шт. любого из следующих элементов: РЦ-53, РХ625, РХ13 (ник), элемент Zn с использованием протектора, аккумулятор J1-0,16
Светочувствительный элемент	Основной фотоэлемент	Фото-резистор	Силиконовый фотоэлемент	Фото-резистор	Фото-резистор
Количество пределов измерения	2	2	Для измерения яркостей — 2, для измерения освещенности — 3	1	1

Таблица 16

Действие съемочных светофильтров на тошальность
позитивного изображения

Цвет съемочного светофильтра	Красный	Оранже- вый	Желтый	Желто- зеленый	Зеленый
На позитиве тем- ный дополнительный цвет свето- фильтра	Синие- зеленый	Зелено- синий	Синий	Синие- фиоле- товый	Красно- фиоле- товый

Таблица 18

Советы для определения и уточнения экспозиции

Характеристика объекта съемки	Советы	Метод измере- ния экс- позиции	Поправка (ступеней)
1. Фотографирова- ние на природе, солнечная по- года:	Чтобы выделить находя- щиеся вдали предметы и увеличить контраст между светом и тенью (тени становятся темнее), поль- зуются желтым и оранже- вым фильтром		
а) фронтальное освещение	Экспозицию определяют по сюжетно важной по- верхности. Для обрабатываемого цвето- вого материала см. рис. 15	Я-СВП* 0	—
б) боковое осве- щение	Экспозицию определяют отдельно по освещенной и затененной частям и находят среднее значе- ние. Для обрабатываемого цвето- вого материала см. рис. 17	Я-СВП 0	—
в) контрольное осве- щение	Экспозицию определяют по затененной части, если не делается силуэтный снимок. Для цветного обрабаты- ваемого материала см. рис. 16 и 18	Я-СВП 0	— (0—0,5)
2. Объект под от- крытым небом, облачная пого- да	Фильтры, как правило, не применяют; дополни- тельно см. п. 1. Экспозицию измеряют по сюжетно важной поверх- ности	Я-СВП	— (0—0,5)

* Обозначения методов измерений см. стр. 44.

Таблица 17

Характеристика съемочных светофильтров

Цвет светофильтра	Марка светофильтра		Кратность свето- фильтра для	
	старая	новая	дневного света	света лампы накали- вания
Бесцветный	ЖС-10	УФ-1×	1	1
Желто-зеленый	ЖЗС-5	ЖЗ-1,4×	1,4	1,4
Светло-желтый	ЖС-12	Ж-1,4×	1,4	1
Желтый	ЖС-17	Ж-2×	2,0	1,4
Оранжевый	ОС-12	О-2,8×	2,8	2
Красный	КС-11	К-5,6×	5,6	2,8...4
Голубой	СЗС-17	Г-1,4×	1,4	1,4...2
Синий	СС-4		3	4
Нейтрально-серый	НС-8	Н-4	4	4
Поляризационный свето- фильтр	ПФ-4	ПФ-4	2,8...4	3...5

Продолжение табл. 18

Характеристика объекта съемки	Советы	Метод измерения экспозиции	Поправка (ступеней)
3. Восход или заход солнца (высота солнца над горизонтом менее 15°)	а) Если при съемке неба в угол охвата экспонометра попадает солнце, экспонометр направляют на небо; б) если при съемке неба в кадре нет солнца, экспонометр направляют на небо	Я-И Я-И	+ (1—2) —
4. В кадр попадает в основном зелень, небо очень мало	Экспозицию определяют по поверхности земли (см. рис. 14). Если необходимо корректировать цвет зеленого цвета на черной пленке, используют зеленый светофильтр	Я-И Я-И	— + 0.5
5. В кадре в основном небо, зелень мало	Экспозицию определяют по небу. Используют желтый или оранжевый фильтр вводят поправку по табл. 17	Я-И	—
6. На поверхности земли блестящие пятна, мокрая трава и т. д., но они не доминируют	Экспозицию замеряют на общей фактуре поверхности (см. рис. 14)	Я-И	+ (0—0.5)
7. Съемки при естественном освещении (человек, здание и т. д.)	Экспозицию определяют по наиболее важной детали или по объекту, который занимает большую поверхность	Я-СВП	см. § 40

Продолжение табл. 18

Характеристика объекта съемки	Советы	Метод измерения экспозиции	Поправка экспозиции
8. Солнце выше 15° над горизонтом и открыто облаками, его можно наблюдать невооруженным глазом. Объект — небо	Интересные результаты получаются при использовании желтого, оранжевого и даже красного фильтров. Необходимо вводить поправку по табл. 17	Я-И	+ (0—2)
9. Фотографирование в лесу: а) видны отдельные лучи света, проходящие сквозь кроны деревьев б) Солнечная погода, возможен туман и воздушная дымка. Солнце и роса	Экспозицию определяют по затененным сторонам деревьев, а не по бликам Экспозицию определяют по затененной стороне деревьев. Для усиления эффекта тумана можно использовать голубой светофильтр (см. табл. 17). Снимать лучше при боковом или кословом освещении	Я-СВП Я-СВП	см. § 10 см. § 10
10. Фотографирование в горах: а) при солнечном освещении б) при облачной погоде	При съемке без светофильтра. Применяется ультрафиолетовый фильтр (бесцветный) Экспозицию определяют так же, как на уровне моря	Я-СВП или 0 или Я-СВП Я-СВП или 0	$\sim (-1/3 \text{ ст/км})$ + (0—1) + (0.5—4.5) см. § 10

Характеристика объекта съемки	Советы	Метод измерения экспозиции	Поправка (ступеней)
11. Фотографирование городских пейзажей	Желтый фильтр не дает эффекта. Рекомендуется боковое освещение для выделения формы и фактуры. В узких улочках обращать внимание на неоднородность освещения	0	—
12. Съемка явлений природы* (туман, радуга и т. д.)	Использование желтого и оранжевого фильтров недопустимо — исчезает эффект. Эффект тумана усиливают голубой и синий фильтры. Только при съемке радуги иногда выгодно пользоваться желтым фильтром	Я-И или 0	Учить поправку на свето-фильтр
13. Зимние пейзажи, в кадре нет человека	Экспозицию определяют по освещенности, метод не точен. Экспозицию можно определить и по яркости	0 Я-СВП	—1 (см. § 10)
14. Съемка архитектуры при средней высоте солнца. Наилучшее положение солнца — под углом 25—35° к плоскости здания	При облачной погоде не рекомендуется снимать, так как плохо воспроизводятся форма и фактура зданий. Для цветного обрабатываемого материала: а) очень яркие объекты (см. рис. 15—18); б) темные объекты; экспозицию определяют по сюжетно важной детали (поверхности)	0 Я-СВП	— см. § 10

* Определение правильной экспозиции затруднено. Делаются снимки с измерением: а) по солнцу (0); б) по небу (Я-И); в) по затененным частям (Я-СВП). Выбирается лучший кадр.

Характеристика объекта съемки	Советы	Метод измерения экспозиции	Поправка (ступеней)
15. Съемка пейзажа на природе с телеобъектом	Для черно-белой пленки используется оранжевый или красный фильтр. Для выделения тональных перспектив — без фильтра или с голубым фильтром	0	Без фильтра —1, поправка на свето-фильтр, см. табл. 17.
16. Контроль освещения; при портретной съемке подсветкой невозможно пользоваться	Экспозицию определяют: а) для получения тонального фото — по затененной части; б) для получения силуэтного изображения — по освещенной части	Я-СВП или 0	+ (0—1)
17. За стеклом люди, витрины и т. д.	Снимать с поляризационным фильтром; экспонометр при измерении направляют перпендикулярно к стеклу	Я-И	см. табл. 17
18. Человек или группа людей на природе	Экспозицию определяют по яркости лица или эквивалентной поверхности	Я-МЗ или Я-СВП	+ (0—1)
19. Фотографирование людей на воде (на море, озере и т. д.)	Использовать ультрафиолетовый фильтр (бесцветный)	Я-СВП или Я-МЗ	+ (0—1)
20. Зимний пейзаж, в кадре люди	Экспозицию определяют по лицу или по эквивалентной поверхности. Осторожно с желтым фильтром — сильно увеличивает контраст	Я-МЗ или Я-СВП	—
21. Портрет или группа людей в горах	См. п. 10		

Продолжение табл. 48

Характеристика объекта съемки	Советы	Метод измерения экспозиции	Поправка (ступеней)
22. Жанровые снимки (тематические и репортажные фото)	Экспозицию определяют по сюжетно важной поверхности	Я-СВП	При необходимости см. § 10.
23. Портрет в помещении при естественном освещении: а) естественное освещение как основное; б) против света на фоне окна или открытой двери; в) естественный свет служит фоновым или контровым освещением; для освещения переднего плана используются электронная импульсная лампа	Экспозицию определяют по лицу	Я-СВП	+ (0—1)
	Экспозицию определяют по затененным поверхностям лица	Я-СВП	+ (0—1)
	Значение показателя диафрагмы находят как $n = \frac{A}{a}$ (см. § 8) или по калькулятору; выдержку устанавливают допустимую для использования электронной лампы на данном фотоаппарате. В случае центрального затвора: а) находят, как указано выше, значение показателя диафрагмы; б) измеряют освещенность и по ней для показателя диафрагмы находят выдержку. Чтобы сделать фон светлее, выдержку следует увеличить на одну-две ступени, темнее — уменьшать на одну-две ступени (см. рис. 20);	0	—

Продолжение табл. 48

Характеристика объекта съемки	Советы	Метод измерения экспозиции	Поправка (ступеней)
в) основное освещение от аэроосвещения, расплавленного металла, раскаленной печи и т. п. Роль естественного освещения та же, что в п. 23, в	а) Экспозицию определяют по общему уровню естественного освещения; увеличение оптической плотности на негативе в сильно освещенных местах не учитывается; б) экспозицию определяют по сильно освещенным участкам, при этом не учитывается оптическая плотность негатива на фоне	0 Я-СВП	— (0—1) + (2—3)
24. Съемка человека: а) в темной одежде б) в очень светлой одежде	Экспозицию определяют по яркости лица или аксессуарной поверхности То же	Я-СВП или Я-МЗ Я-СВП или Я-МЗ	+1 — (0—1)

Таблица 19

Наибольшие допустимые продолжительности выдержки при фотографировании движущихся объектов

Расстояние до объекта, м	30			12			6			3		
	↑	↘	↑	↑	↘	↑	↑	↘	↑	↘	↑	↑
Направление движения объекта	↑	↘	↑	↑	↘	↑	↑	↘	↑	↘	↑	↑
Наименование объекта	Выдержка, с											
Посад	1/75	1/100	1/200	1/100	1/150	1/250	1/200	1/250	1/500	1/250	1/500	1/1000
Автомобиль, мотоцикл	1/25	1/50	1/100	1/100	1/150	1/250	1/200	1/250	1/500	1/250	1/500	1/1000
Трамвай	1/10	1/25	1/50	1/45	1/30	1/75	1/75	1/100	1/200	1/100	1/200	1/250
Моторная лодка	1/15	1/30	1/75	1/25	1/50	1/100	1/100	1/150	1/250	1/200	1/250	1/500
Рыбак на поплавке	1/15	1/30	1/75	1/25	1/50	1/100	1/100	1/150	1/250	1/200	1/250	1/500
Бегущая собака	1/5	1/10	1/25	1/15	1/30	1/75	1/75	1/100	1/200	1/100	1/200	1/250
Бегущая птица	1/10	1/25	1/50	1/45	1/30	1/75	1/75	1/100	1/200	1/100	1/200	1/250
Велосипедист	1/75	1/100	1/200	1/100	1/150	1/250	1/200	1/250	1/500	1/250	1/500	1/1000
Лыжник при спуске с горы	1/15	1/30	1/75	1/25	1/50	1/100	1/100	1/150	1/250	1/200	1/250	1/500
Конькобежец	1/75	1/100	1/200	1/100	1/150	1/250	1/200	1/250	1/500	1/250	1/500	1/1000
Бегун	1/25	1/50	1/100	1/100	1/150	1/250	1/200	1/250	1/500	1/250	1/500	1/1000
Пешеход	1/10	1/25	1/50	1/45	1/30	1/75	1/75	1/100	1/200	1/100	1/200	1/250
Паунок	1/2	1/5	1/10	1/5	1/10	1/25	1/10	1/25	1/50	1/25	1/50	1/100

Таблица 20

Допустимые максимальные выдержки в секундах при фотографировании движущихся объектов с нормальными объективам

Направление движения объекта	↓	↘	←
Медленное движение: Идущий человек Играющие дети Лодки Группы	1/30	1/60	1/125
Движение со средними скоростями: Бегущий человек Животные Велосипедисты	1/60	1/125	1/500
Быстрое движение: Автомобили Самолеты Спорт Прыжки	1/125	1/250	1/1000

Примечание: Таблица действительна для объектов, находящихся на расстоянии более 5 м от фотоаппарата. При меньших расстояниях или больших фактических расстояниях объектива следует уменьшить выдержку.

Таблица 21

Классификация фотографий в зависимости от масштаба

Наименование	Масштаб изображения, 1/м	Коэффициент увеличения, β	Дополнительные приспособления для фотографирования
Обыкновенное фото	до 1/5	≤ 0,2	—
Макрофото	1/5—20/1	0,2—20	а) Промежуточные кольца; б) микровиставка
Микрофото	20/1 и больше	≥ 20	Зеркальная камерой через микроскоп

Таблица 22

Изменение светосилы объектива и экспозиция в зависимости от масштаба изображения

Масштаб изображения	1:100	1:50	1:10	1:5	1:2,5	1:1	2:1
Коэффициент увеличения	0,01	0,02	0,1	0,2	0,4	1	2
Относительная освещенность эмульсионного слоя	1	0,96	0,83	0,70	0,50	0,25	0,11
Увеличение экспозиции (раз)	—	—	—	1,4	2	4	9
Поправка к показателю диафрагмы (в ступенях)	—	—	—	1/2	1	2	3,2

Примечание. Поправку к экспозиции вводить не нужно, если масштаб изображения меньше или равен 1:10. При фотографировании объективом с фокусным расстоянием 36 мм это соответствует съёмке на расстоянии от бесконечности до 36 см.

Таблица 23

Характеристика тональностей поверхностей в семиступенчатой тональной системе

Зона №	Тональность поверхностей снимаемого объекта и позитивного изображения
1	Черная без фактуры (сильно ватенные поверхности, черный бархат и др.)
2	Черная с фактурой (черная или сильно ватенная поверхность, на которой различимы отдельные детали)
3	Темно-серая
4	Средне-серая (в экспозиции рассматривается как эталонная поверхность)
5	Светло-серая
6	Белая с фактурой (белая или сильно освещенная поверхность, на которой видны отдельные более темные детали или тени)
7	Белая без фактуры (отражения источников света или другие чрезвычайно яркие поверхности)

Таблица 24

Основные сенситометрические величины

Наименование	Формула для расчета	Определение
1	2	3
Прозрачность негатива	$T = \Phi_n : \Phi_0 < 1$, Φ_0 — падающий световой поток, Φ_n — световой поток, прошедший через негатив	Отношение прошедшего через негативный материал светового потока к падающему на него световому потоку
Оптическая плотность негатива	$D = \lg \frac{1}{T} = \lg 0$	Десятичный логарифм обратной величины прозрачности или десятичный логарифм непрозрачности
Непрозрачность негатива	$0 = \Phi_0 : \Phi_n > 1$	Отношение падающего на негатив светового потока к проходящему через негатив световому потоку
Коэффициент отражения	$\rho = \Phi_r : \Phi_0 < 1$, Φ_r — отраженная часть падающего светового потока	Отношение величины отраженного поверхностью светового потока к величине падающего
Оптическая плотность изображения на непрозрачной основе	$D_{10} = \lg \frac{1}{\rho}$	Десятичный логарифм обратной величины коэффициента отражения
Коэффициент поглощения	$\alpha = \Phi_0 : \Phi_0 < 1$, Φ_a — поглощенная часть падающего на материал светового потока Φ_0	Отношение величины поглощенной материалом части падающего на него потока ко всей величине падающего потока

Условия съемки тест-кадров

N	Обозначение тест-кадра	Экспозиция при съемке	Оптическая плотность	Желаемая величина	Примечания
1	B (см. рис. 37)	Экспозиция определяется по отжигу пленки при тест-кадре B. Экспозиция не регулируется	Оптическая плотность D_B определяется по рис. 38 в табл. 27. D_B соответствует средней оптической плотности негатива $D_B = D_{ср}$	$D_B \approx 0,9$	Если $D_B > 0,9$, то резкость чувствительности пленки больше номинального значения, а если $D_B < 0,9$, то — меньше всего
2	A	Экспозиция в 4 раза (на две ступени) меньше, чем при тест-кадре B. Экспозиция изменяется при помощи изменения диафрагмы	Зависит от режима проявления и контрастности эмульсионного слоя. По разности оптических плотностей кадров $D_C - D_A$ находят значение оптической плотности	—	Разница величину изменения оптической плотности ΔD на логарифмическом экспанометре, определяющий коэффициент контрастности
3	C	Экспозиция в 4 раза (на 2 ступени) больше, чем при тест-кадре B	Оптическая плотность не должна превышать в табл. 28 пределов	—	$\gamma(\pm 2) = \frac{\Delta D}{\lg D} = \frac{D_C - D_A}{1,2} = 0,83 (D_C - D_A)$
4	D ₀	«Фотографируют» о закрытым объективом	—	—	Повышенная плотность вуали наблюдается при старении пленки, при переэкспозиции, при засветке и т. д.

Технические данные промежуточных козек

Промежуточные козеты типа «Зенит»	Число промежуточных козет	Разб. мм
Старый выпуск	4	M39×1
Новый выпуск	3	M42×1

Таблица 27

Определение оптической плотности негатива при помощи экспанометра «Свердловск-4»

Изменение показаний прибора ΔD_0 ступеней шкалы	Непрозрачность негатива, T, раз	Оптическая плотность негатива в логарифмических величинах	Изменение показаний прибора ΔD_0 ступеней шкалы	Непрозрачность негатива T, раз	Оптическая плотность негатива в логарифмических величинах
1/3	4,26	0,1	5 1/3	40,3	1,61
2/3	4,588	0,2	5 2/3	50,8	1,71
1	2	0,3	6	64	1,81
1 1/3	2,52	0,4	6 1/3	80,6	1,91
1 2/3	3,18	0,5	6 2/3	101,6	2,01
2	4	0,6	7	128	2,11
2 1/3	5,04	0,7	7 1/3	161,2	2,21
2 2/3	6,4	0,8	7 2/3	203,2	2,31
3	8	0,9	8	256	2,41
3 1/3	10,1	1,0	8 1/3	322,5	2,51
3 2/3	12,7	1,1	8 2/3	406,5	2,61
4	16	1,2	9	512	2,71
4 1/3	20,15	1,3	9 1/3	644,9	2,81
4 2/3	25,4	1,4	9 2/3	812,9	2,91
5	32	1,51	10	1024	3,01

Таблица 28

Допустимая величина оптической плотности вуали фотопленки

Тип фотопленки	Фото-32	Фото-65	Фото-130	Фото-250
Величина оптической плотности	0,05	0,1	0,15	0,2

ЛИТЕРАТУРА

1. Волосов Д. С. Фотографическая оптика. М., 1971.
2. «Die Fotografien», 1978, N 8, S. 35.
3. Ильян Р. И. Техника киносъёмки. М., «Искусство», 1968.
4. Головац А. Д. Экспозиметрия киносъёмки. М., «Искусство», 1966, с. 14.
5. «Die Fotografien», 1972, N 1, S. 37.
6. «Сов. фото», 1959, № 4, с. 52.
7. Fotomatuuri käsiraamat. Tallinn, 1967. 440 lk.
8. «Сов. фото», 1966, № 8, с. 39.
9. Vallik V. Fotograafia noorte. Tallinn, 1970. 160 lk.
10. ГОСТ 2851—68. Экспозометры фотоэлектрические. Технические требования.
11. Экспозометр фотоэлектрический «Свердловск-2». Инструкция.
12. Миленьков Н. Б. Макрофотография. М., «Искусство», 1960. 176 с.
13. Tooting P. Möbblare valgustust. — «Horisont», 1970, N 12.
14. Рудницкое Н. Н. Справочник кинолюбителя. М., «Искусство», 1964, с. 329.
15. Peditaar H. Fotopraktika. Tallinn, 1975. lk. 116, 117.
16. Ильян Р. И. Фотографирование при естественном освещении. М., «Искусство», 1977. 72 с.
17. Loose E. Fotooptik. Fotokurs, Heft 14. Fotokinoverlag. Leipzig, 1972, S. 68.
18. Джозефский В. В. Применение светофильтров в натурной съёмке. М., 1956. 84 с.
19. Ошанин С. Таласийчук В. Макросъёмка в природе. М., «Искусство», 1973.
20. Дуткин Г., Миленьков Н. «Свердловск-2» и специальные виды съёмки. — «Сов. фото», 1974, № 9, с. 39.
21. Бунимович Д. З., Фокин А. В. Справочник фотографа. М., 1970.
22. Чельцов В., Симонов А., Хоменко В. Цветное фотографирование. М., «Искусство», 1971.
23. «Сов. фото», 1974, № 10, с. 10.
24. Лисовый-Говорко Б. А. Печать фотоснимков. М., «Искусство», 1967, с. 38.
25. Микунин В. П. Фотографический рецептурный справочник. М., «Искусство», 1972.
26. «Сов. фото», 1969, № 10, с. 45.
27. Шашлов Б. А. Теория фотографического процесса. М., 1971. с. 344.
28. Krebs A. Belichtungsmesser. Fotokurs, Heft 4. Fotokinoverlag. Halle, 1959, S. 64.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
§ 1. Общие понятия и единицы измерения светотехнических величин	5
§ 2. Методы определения экспозиции	18
§ 3. Экспозометры	25
§ 4. пейзажные и архитектурные съёмки	36
§ 5. Портретные и групповые съёмки	45
§ 6. Определение экспозиции при фотографировании движущихся объектов	47
§ 7. Определение экспозиции в макрофотографии	49
§ 8. Определение экспозиции при использовании импульсных ламп	55
§ 9. Определение экспозиции при ночной съёмке	62
§ 10. Зональная система	63
§ 11. Советы при выборе и эксплуатации экспозометров	76
§ 12. Съёмометрия при помощи экспозометра	77

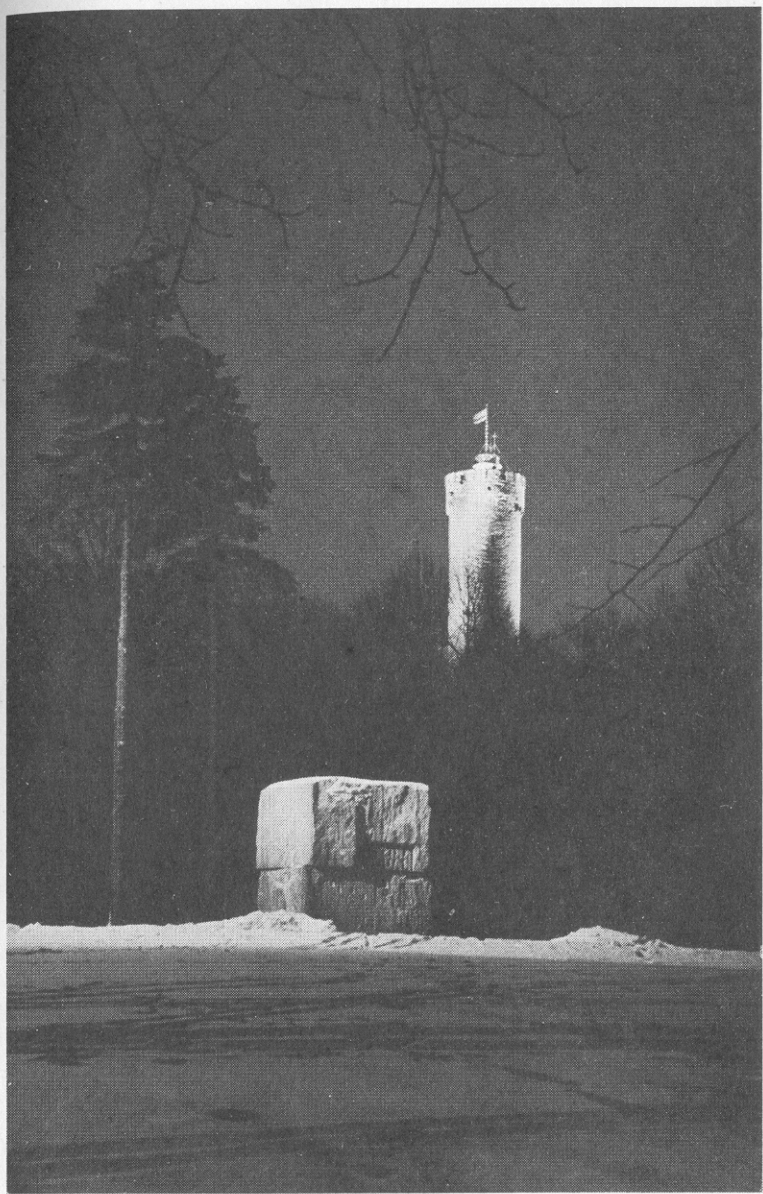


Фото 1. Башня «Длинный Герман» в Таллине. Экспозиция по номограмме рис. 26



Фото 2. Интерьер правления рыболовецкого колхоза им. С. М. Кирова.
Экспозиция определена по освещенности возле сидящих людей



Фото 3. Здание правления колхоза в Эстонии. Освещенность объекта
определена измерением падающего светового потока

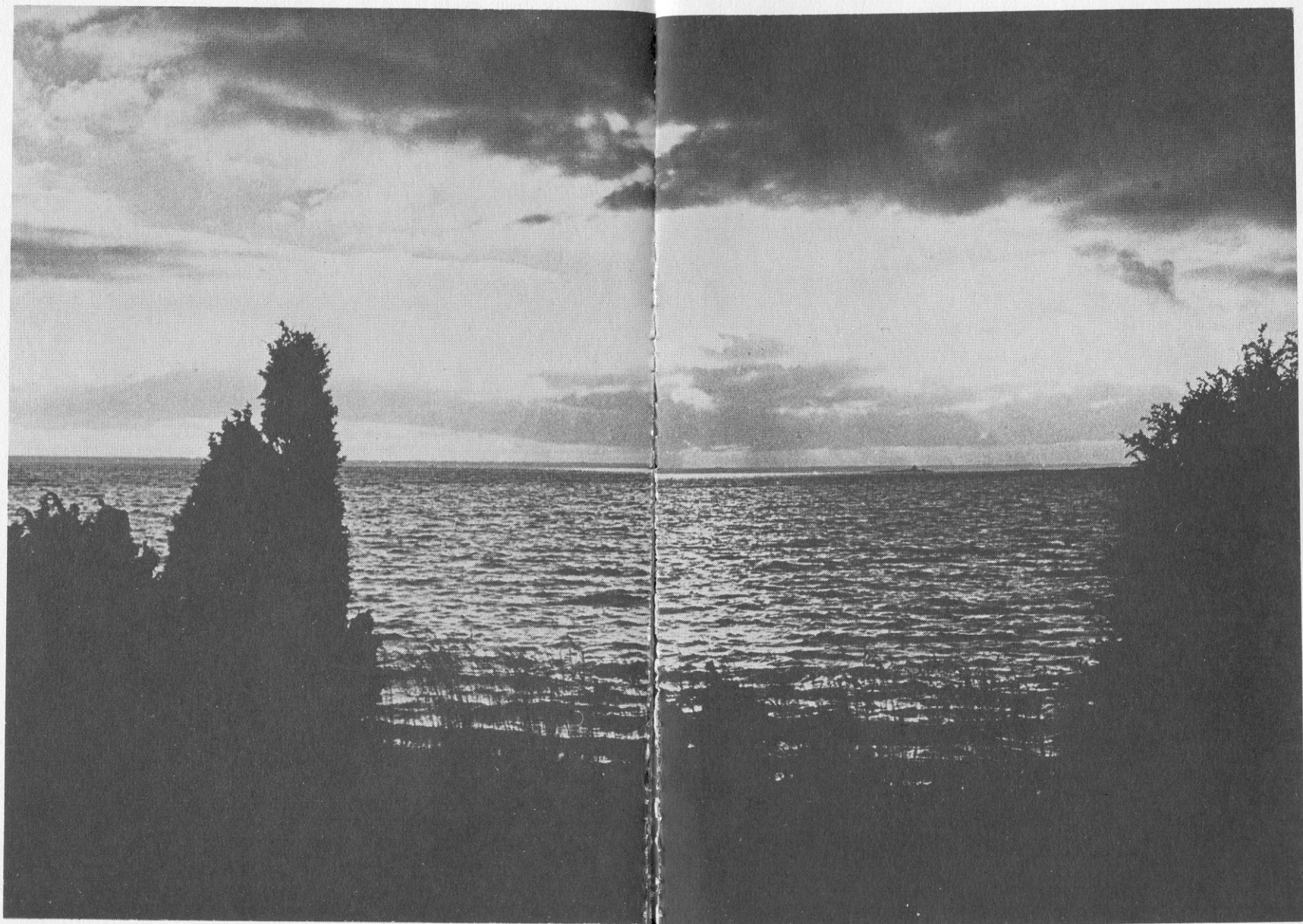


Фото 4. Балтийское побережье. Экспозиция определена по яркости сюжетно важной поверхности—небу (экспониметр «Свердловск-4»)

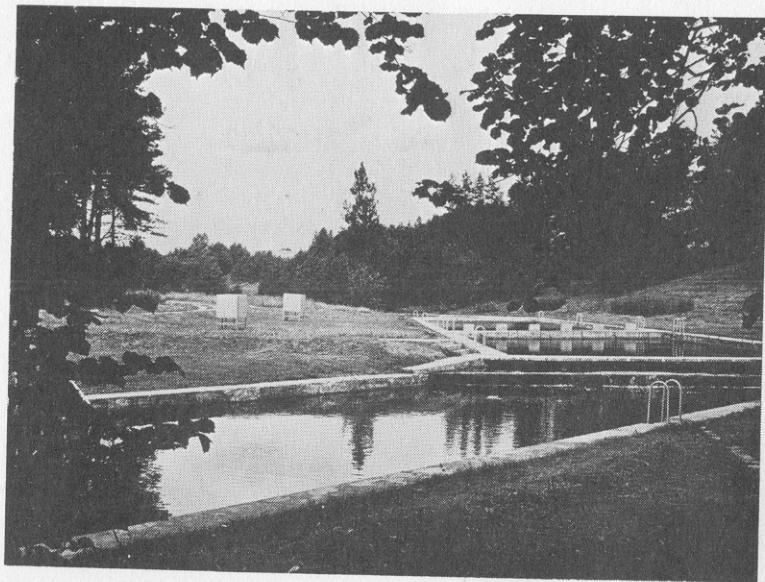


Фото 5. Бассейн в долине вблизи Виļњанди. Освещенность объекта определена измерением падающего светового потока



Фото 6. Каменистый берег острова Хийумаа. Экспозиция определена по яркости самой важной детали — камням на берегу (Я-СВП)



Фото 8. Осенний мотив. Освещенность объекта определена измерением падающего светового потока

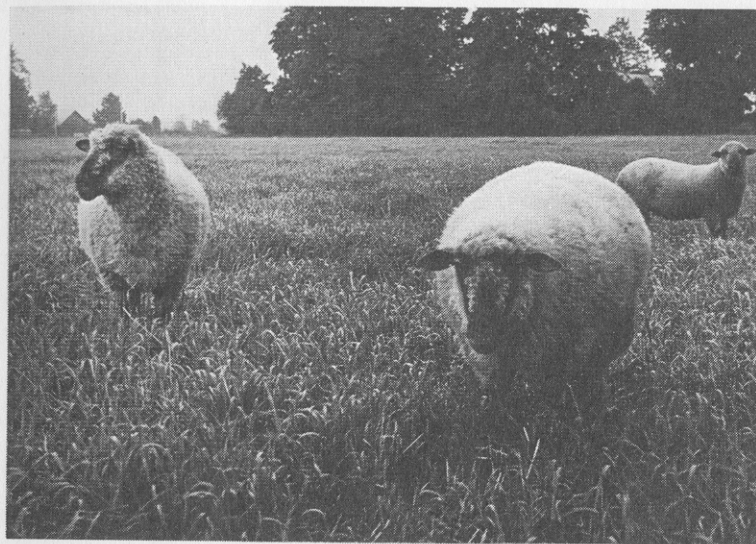


Фото 9. Сельский мотив. Экспозиция определена по яркости переднего плана (Я-СВП)

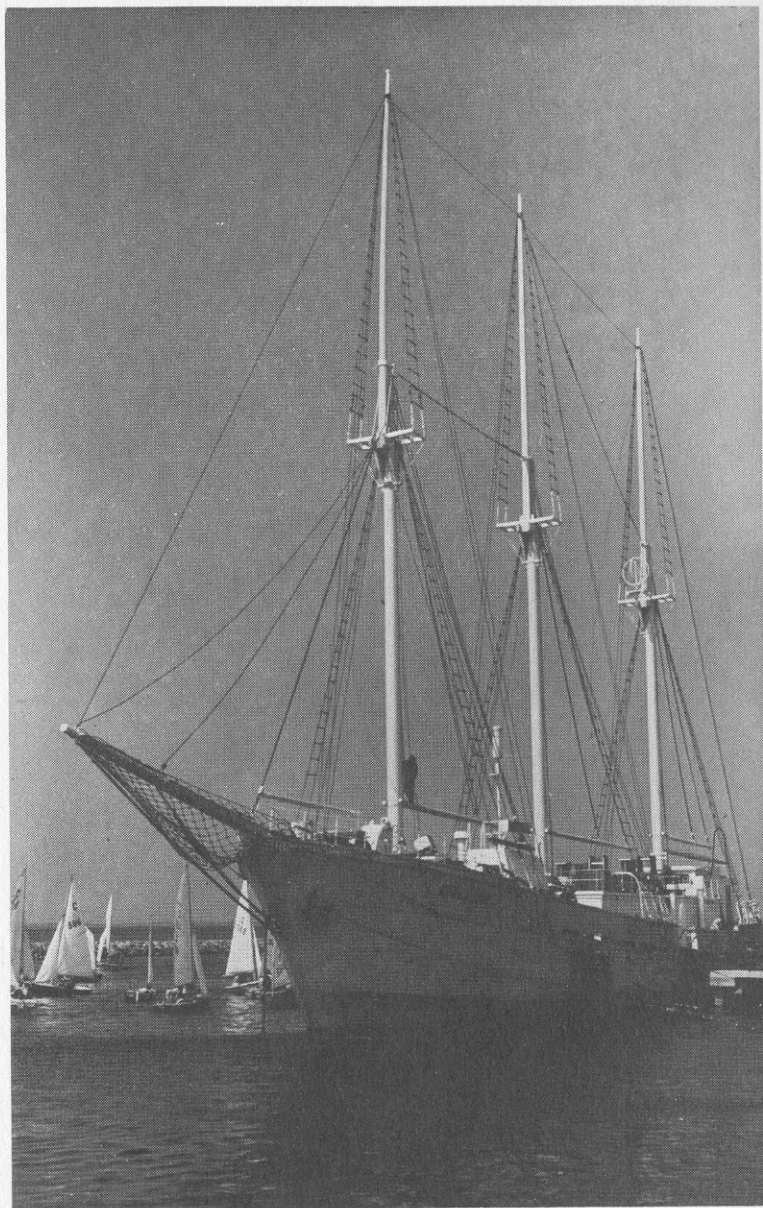


Фото 10. Шхуна-кафе «Кихну Йиннь» в Пирита. Освещенность объекта определена измерением падающего светового потока

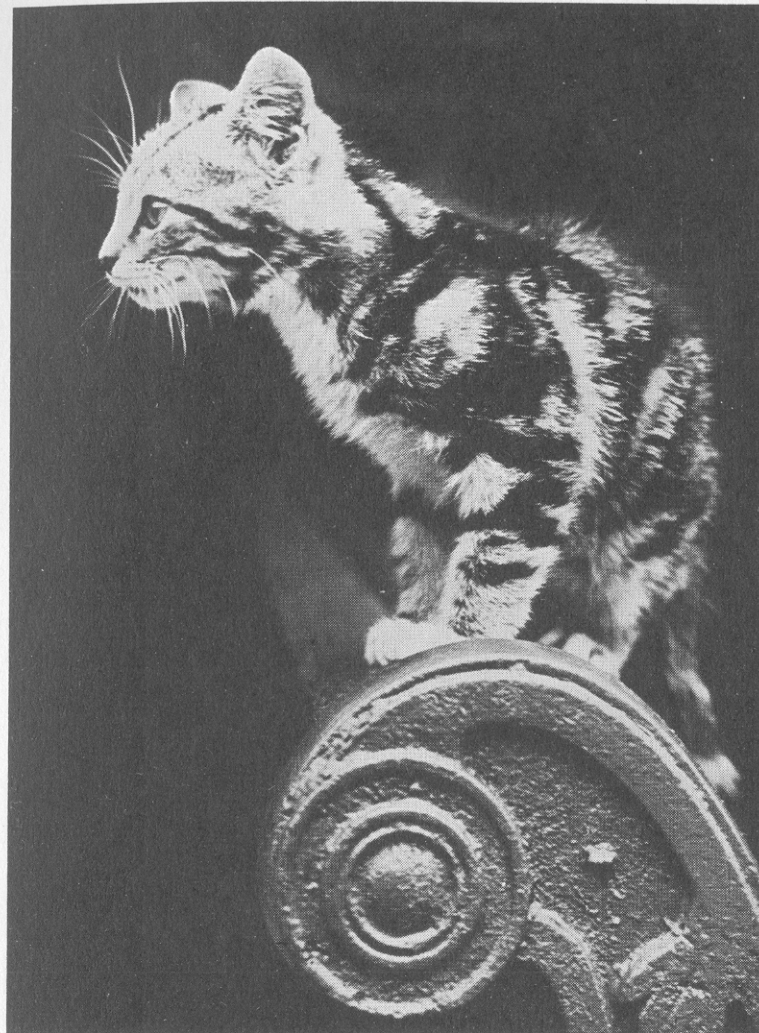


Фото 11. Котенок. Освещенность объекта определена измерением падающего светового потока

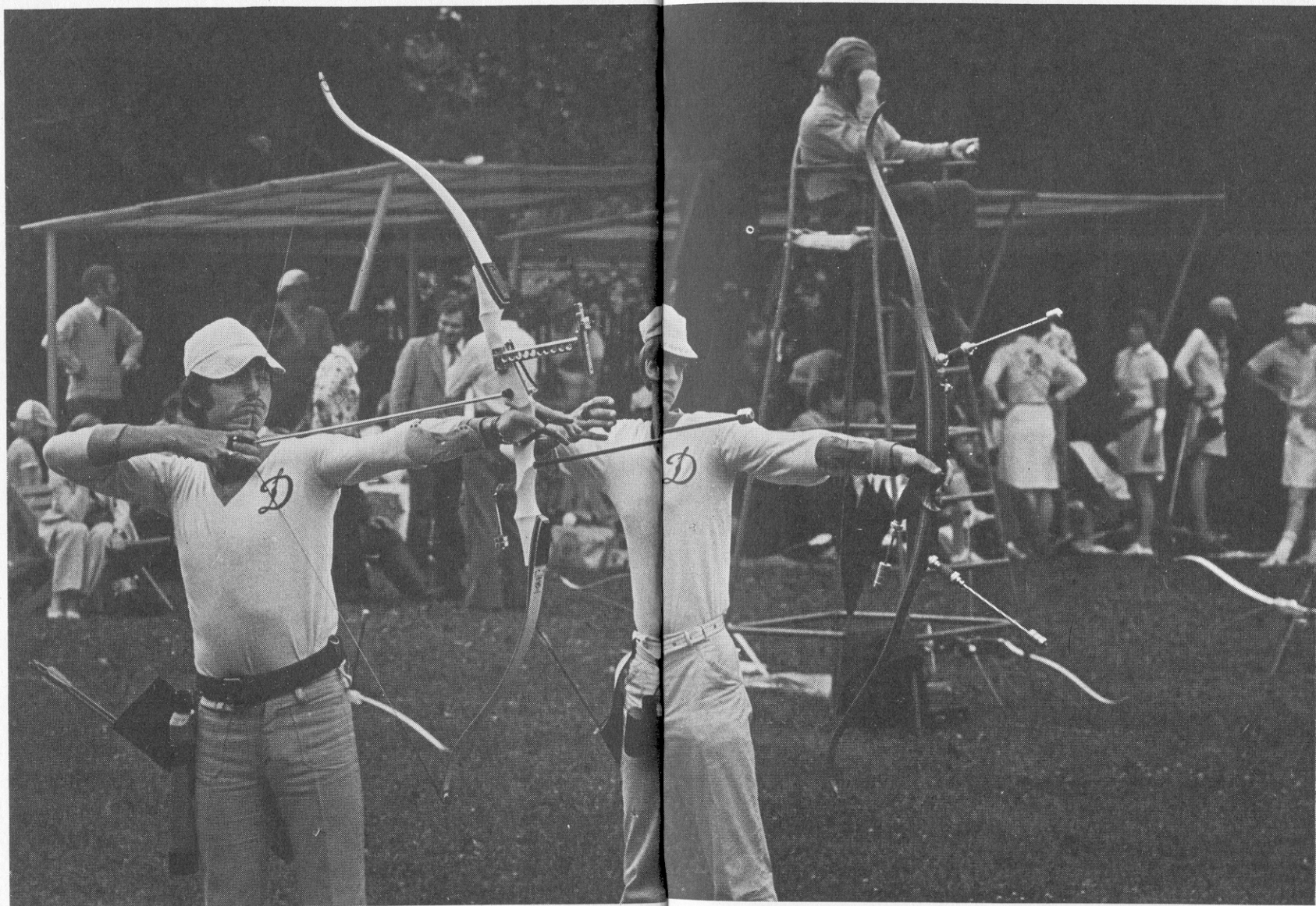


Фото 12. На соревнованиях «Стрелы севера». Экспозиция определена по яркости объекта методом замещения (Я-МЗ)



Фото 13. В лаборатории. Экспозиция определена по яркости сюжетно важной детали — по лицу лаборантки (Я-СВП)



Фото 14. Молодая мама. Экспозиция определена по яркости теневой части лица, поправка — по § 10

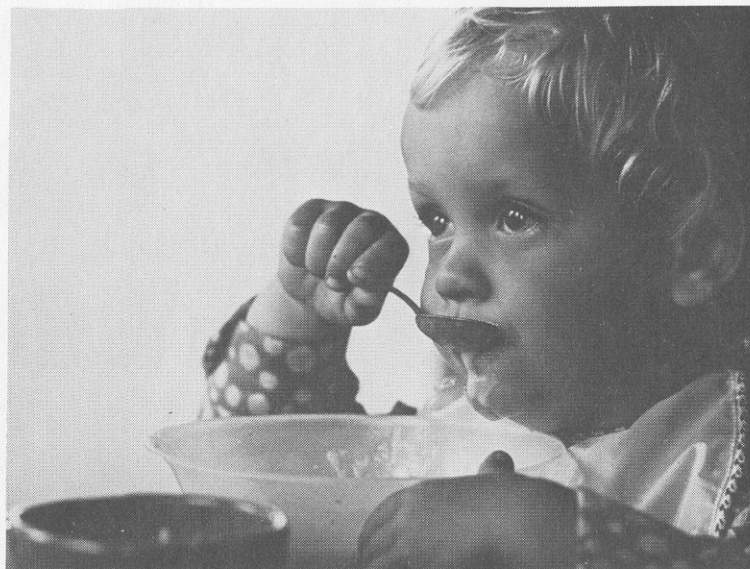


Фото 15. Я сам. Экспозиция определена по яркости освещенной стороны лица (Я-СВП).



Фото 16. В Таллинском художественном комбинате «АРС». Экспозиция определена по яркости сюжетно важной поверхности — по лицу работницы (Я-СВП)

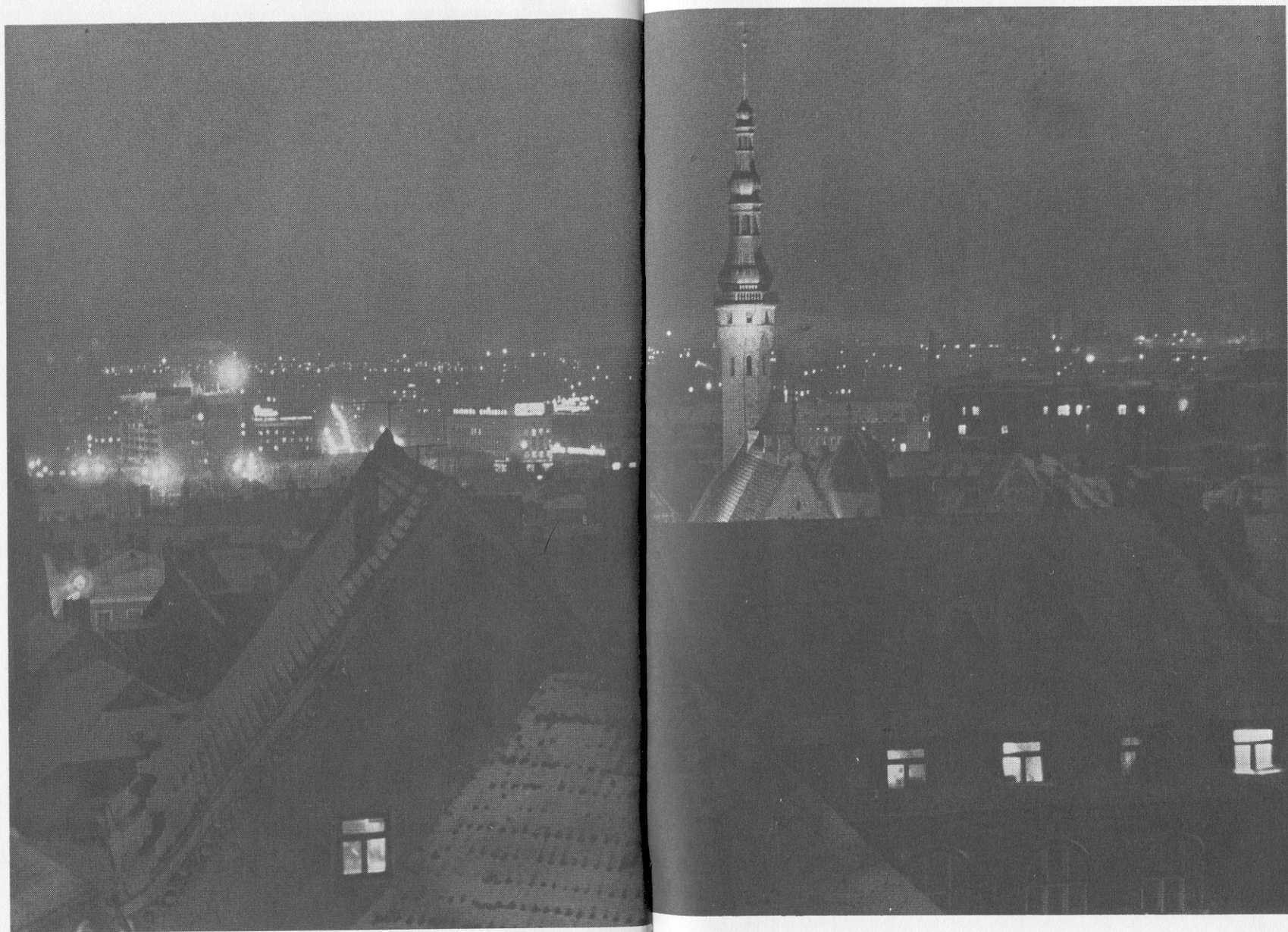


Фото 17. Таллин ночью. Экспозиция определена по номограмме рис. 26

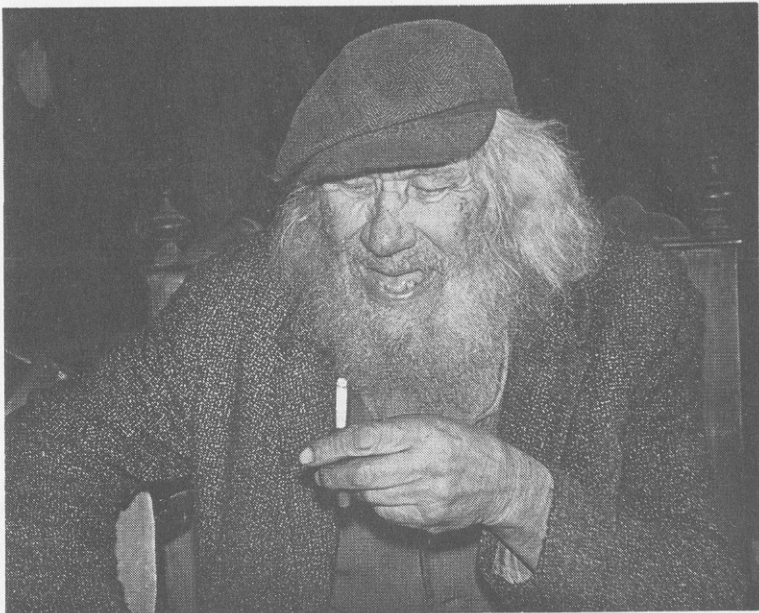


Фото 18. Портрет старика с лесного хутора. Освещение электронной лампой-вспышкой

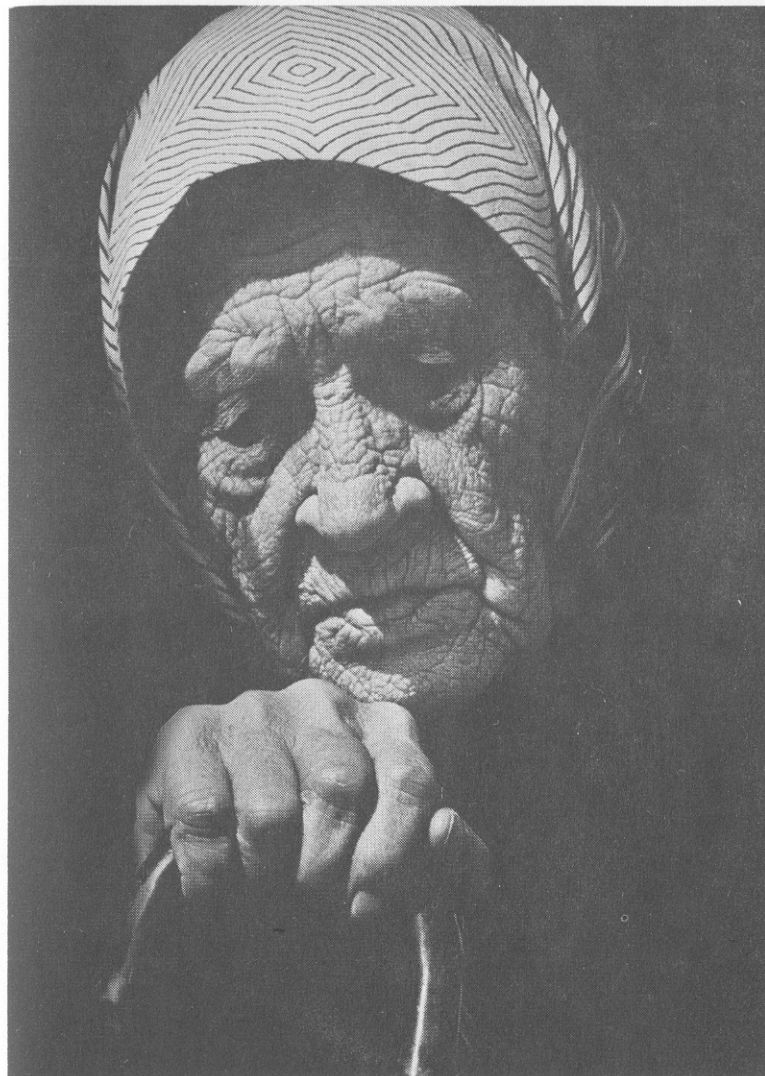


Фото 19. Портрет матери. Экспозиция определена по яркости сюжетно важной поверхности (Я-СВП)



Фото 20. Памятник И. Кёлеру в Вильянди. Освещенность объекта определена измерением падающего светового потока



Фото 21. Получили дипломы. Освещение электронной лампой-вспышкой

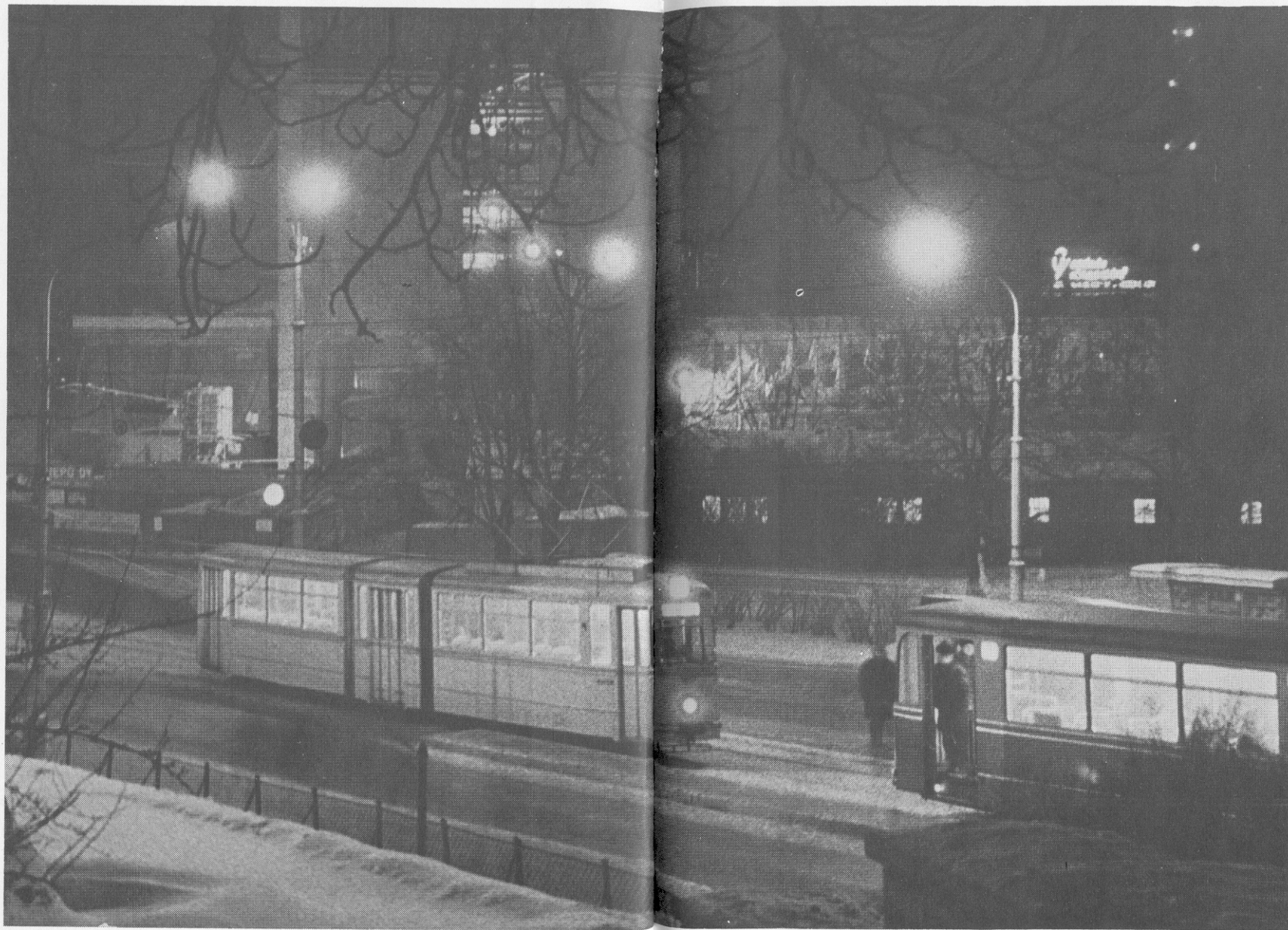


Фото 22. На площади Виру в Таллине. Экспозиция определена по номограмме рис. 26

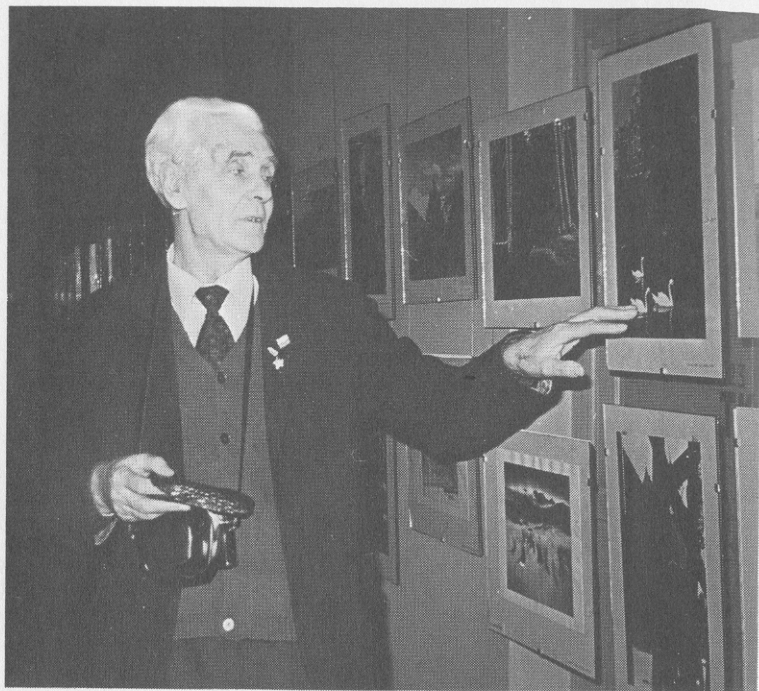


Фото 23. На фотовыставке. Освещение электронной лампой-вспышкой

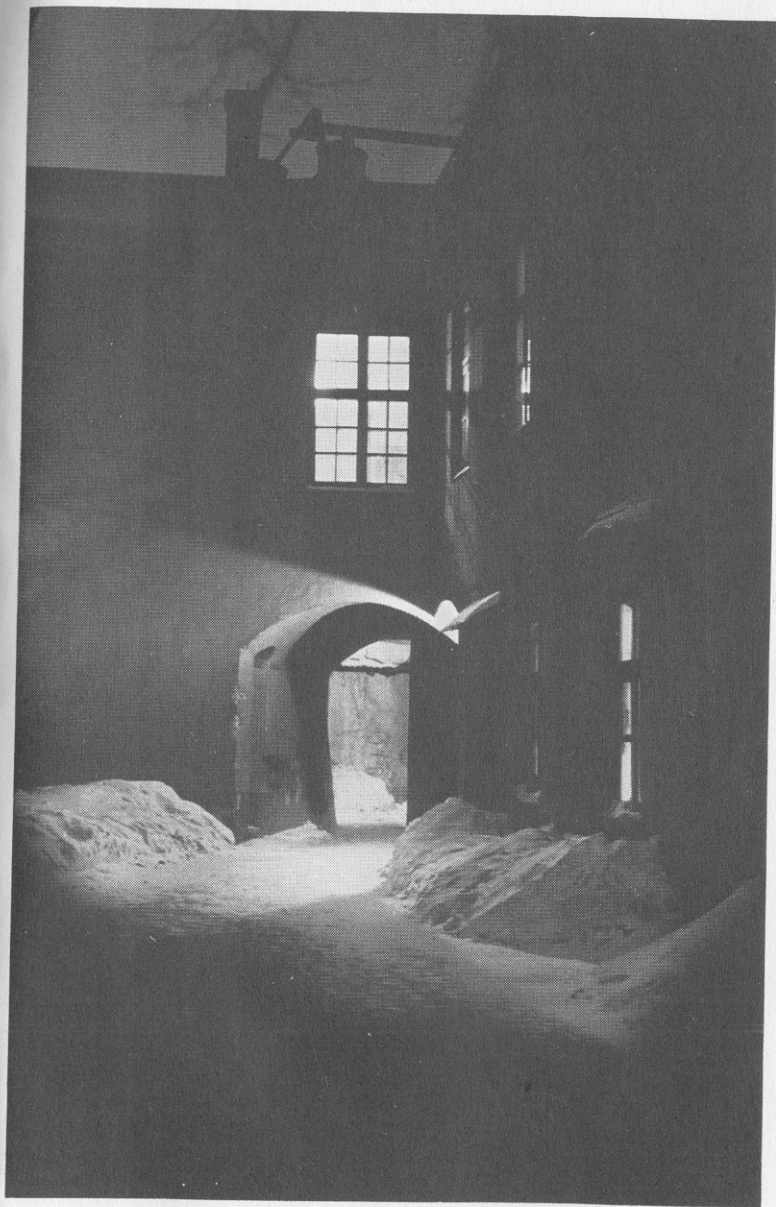


Фото 24. Двор на Вышгороде (Тоомпеа) в Таллине. Экспозиция определена по светлой поверхности под аркой, экспонометр «Свердловск-4» (Я-СВП)



Фото 25. Удобно устроился! Освещенность объекта определена измерением падающего светового потока

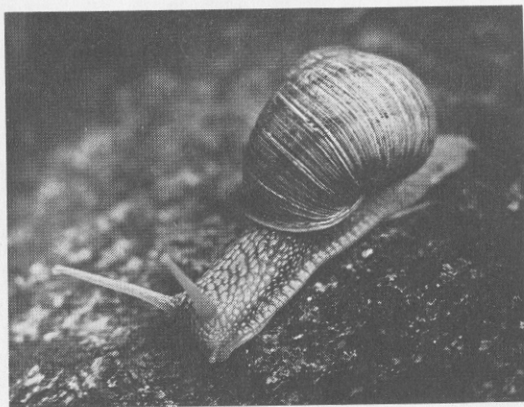


Фото 26. Виноградная улитка. Освещенность объекта определена измерением падающего светового потока



Фото 27. В гнезде чайки. Экспозиция определена по яркости сюжетно важной поверхности (поправка — по § 10), Я-СВП

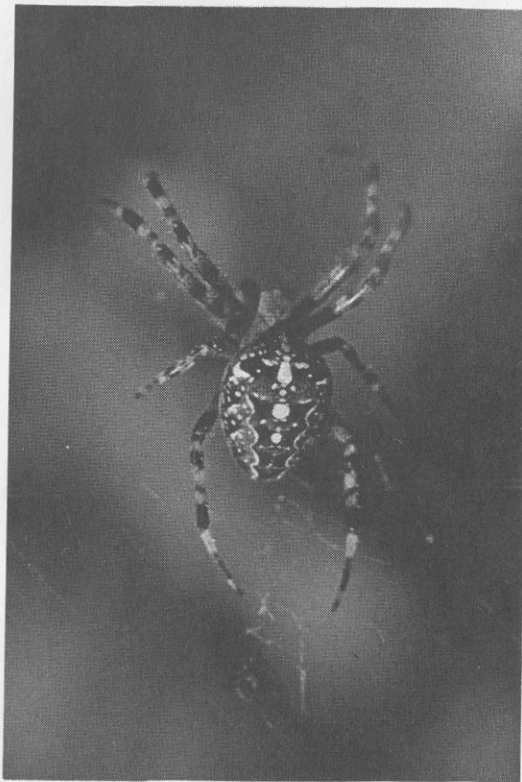
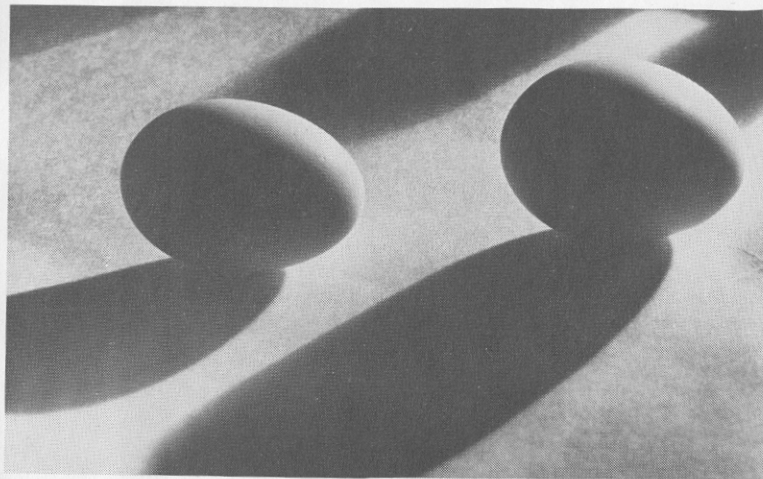


Фото 28. Свет и тень. Экспозиция определена по серому фону (Я-СВП)

Фото 29. «Опасный хищник». Освещенность объекта определена измерением падающего светового потока

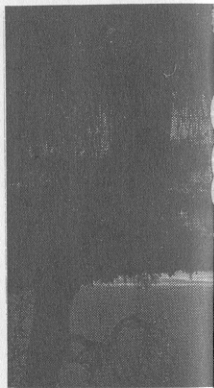
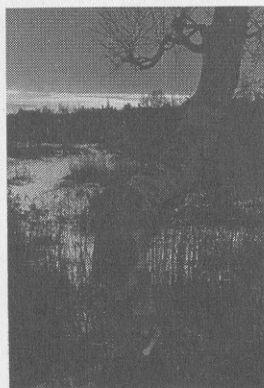


Фото 30. Пример применения «зональной системы». Снимок «а» сделан с экспозицией, определенной по отраженному от бересты свету (1/125 с, 1:5,6). Береста среднесерая (зона 4). Снимок напечатан на нормальной фотобумаге. Вслед за этим снимком сделаны варианты «б» (1/125 с, 1:8), «в» (1/125 с, 1:11), «г» (1/125 с, 1:4) и «д» (1/125 с, 1:2,8). В результате на фото «б» береста получилась светло-серой (зона 5), на фото «в» — белой с фактурой (зона 6), на фото «г» — темно-серой (зона 3) и на фото «д» — черной с фактурой (зона 2). Более всего соответствует действительности снимок «б» — береза снята против света, поэтому белым ствол быть не должен. Значит, следует сделать поправку к экспозиции +1 ступень. Если надо добиться вечернего или ночного эффекта, следует произвести фотографирование в третьей или второй зоне, то есть ввести поправку -1 или -2 ступени экспозиции (см. варианты «г» и «д»). Все фотографии напечатаны с одинаковой экспозицией